



VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

**Ekonomické porovnání technologie výroby otvorů  
hloubením a frézováním**

**Economical Comparison of Technology Digging  
Holes and Milling**

Student: Bc. Lukáš Habermann

Vedoucí diplomové práce: prof. Dr. Ing. Josef Brychta

Ostrava 2012

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Lukáš Habermann**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie

Specializace: 20 Strojírenská technologie

Téma: Ekonomické porovnání technologie výroby otvorů hloubením a frézováním  
Economical Comparison of Technology Digging Holes and Milling

Zásady pro vypracování:

1. Vstup do dané problematiky.
2. Technicko-technologické porovnání současného stavu.
3. Návrh a zpracování technologického postupu.
4. Ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- 1] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. Technologie II 1. díl. Ostrava : VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007, s. 126. ISBN 978-80-248-1641-8.
- [2] ČEP, R.; BRYCHTA, J.; SADÍLEK, M.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. Nové směry v progresivním obrábění. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2007. s. 251. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [3] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábání*. 1. vyd. Žilina : Žilinská univerzita v Žilíně, EDIS, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [4] VASILKO, K.; HAVRILA, M.; MARCINCIN-NOVÁK, J.; MÁDL, J.; ZAJAC, J. *Top trendy v obrábění, III. část – Technologie obrábění*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 214 s. ISBN 80-968954-2-7.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

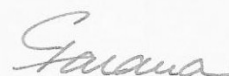
Vedoucí diplomové práce: **prof. Dr.Ing. Josef Brychta**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012



doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.  
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.



V Ostravě 21. května 2012

.....  
Bc. Lukáš Habermann

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon – zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěné v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnutou licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 21. května 2012

.....

Bc. Lukáš Habermann

Bc. Lukáš Habermann

Náměstí Míru 63

789 91 Štítý

## **ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE**

HABERMANN, L. *Ekonomické porovnání technologie výroby otvorů hloubením a frézováním: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2012, 88 s. Vedoucí práce: Brychta, J.

Prototypová výroba je důležitou součástí vývoje nejen automobilového průmyslu, ale i spotřebního, popřípadě elektronického průmyslu. Cena a termíny dodání prvních prototypových dílů jsou rozhodující pro získání zakázky na výrobu prototypu. Tato diplomová práce se bude zabývat výrobou hliníkových prototypových forem. Konkrétně ekonomickou rozvahou nad výrobou hliníkové prototypové formy. Budou zde řešeny možnosti výroby obráběním nebo elektroerozivním obráběním. Posouzeny budou konkrétní případy a navrhnuty pravidla pro použití obou druhů obrábění.

## **ANOTATION OF MASTER THESIS**

HABERMANN, L. *Economical Comparison of Technology Digging Holes and Milling: master thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining and Assembly, 2012, 88 p. Thesis head: Brychta, J.

Prototype production is an important part of the development not only in the automotive industry, but also the consumer or electronics industry. Price and delivery dates of the first prototype parts are crucial for the contract to produce a prototype. This thesis will deal with the production of prototype aluminum molds. Specifically, the economic balance sheet of the manufacture of aluminum prototype mold. There will be dealt with the possibilities of production machining or electro machining. Specific cases will be assessed and designed the rules for using both types of machining.

# Obsah

<b>ÚVOD.....</b>	<b>8</b>
<b>1 PŘEDSTAVENÍ FIRMY AUFEER DESIGN, S. R. O.....</b>	<b>10</b>
1.1 O SPOLEČNOSTI.....	10
1.2 SPECIALIZOVANÉ TÝMY:.....	11
1.2.1 Design .....	11
1.2.2 Digitalizace modelů a vyhlazování .....	11
1.2.3 Karoserie .....	12
1.2.4 Plasty .....	12
1.2.5 Výpočty a simulace .....	13
1.2.6 Elektro .....	13
1.2.7 Lisovací nářadí .....	14
1.2.8 Svařovací linky .....	14
1.2.9 Prototypy .....	15
<b>2 TYPY PROTOTYPOVÉ VÝROBY .....</b>	<b>16</b>
2.1 3D TISK.....	16
2.1.1 SLS – Selective laser sintering.....	16
2.1.2 SLA stereolitografie .....	16
2.1.3 FDM – fused deposition modeling.....	17
2.2 VAKUOVÉ LITÍ.....	17
2.3 TERMOFORMING.....	18
2.4 PROTOTYPOVÉ FORMY .....	19
<b>3 ELEKTROEROZIVNÍ OBRÁBĚNÍ.....</b>	<b>22</b>
3.1 HISTORIE.....	22
3.2 PRINCIP.....	23
3.2.1 Fáze výboje .....	24
3.2.2 Charakteristika výboje .....	26
3.2.3 Časový průběh výboje.....	26
3.2.4 Časové využití periody výboje.....	28
3.3 CHARAKTERISTIKA IMPULZŮ.....	29
3.4 GENERÁTORY VÝBOJŮ.....	30
3.4.1 Elektrojiskrový závislý generátor.....	30
3.4.2 Mechanický kolektorový generátor.....	31
3.4.3 Tranzistorový širokorožsahový nezávislý generátor .....	31
3.5 MATERIÁL ELEKTROD.....	32
3.6 DIELEKTRIKUM.....	33
3.7 JAKOST POVRCHOVÉ VRSTVY .....	33
3.7.1 Drsnost povrchu .....	33
3.7.2 Povrchová vrstva .....	35
3.8 REGULACE PRACOVNÍ MEZERY .....	36
<b>4 PŮVODNÍ STAV FORMY.....</b>	<b>38</b>
4.1 VÝROBEK – NOSIČ ŽÁROVEK.....	38
4.2 KONSTRUKCE FORMY PRO OBRÁBĚNÍ.....	39

4.3	TECHNICKO-EKONOMICKÝ ROZBOR OPERACÍ.....	40
4.3.1	Vtoková strana .....	41
4.3.2	Vyhazovací strana .....	46
4.4	ZHODNOCENÍ.....	51
<b>5</b>	<b>NAVRHOVANÉ ŘEŠENÍ FORMY - HLOUBENÍ.....</b>	<b>53</b>
5.1	KONSTRUKCE FORMY PRO HLOUBENÍ.....	53
5.2	TECHNICKÉ MOŽNOSTI PŘI VÝROBĚ FORMY.....	53
5.2.1	Držáky .....	53
5.2.2	Výpočet času .....	55
5.3	TECHNICKO-EKONOMICKÝ ROZBOR OPERACÍ.....	55
5.3.1	Vtoková strana .....	56
5.3.2	Vyhazovací strana .....	58
5.3.3	Elektrody .....	60
5.4	ZHODNOCENÍ.....	68
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>69</b>
	<b>POUŽITÁ LITERATURA.....</b>	<b>71</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>73</b>
	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>74</b>



## Úvod

Výroba prototypů je velmi důležitou součástí vývoje. V prvních fázích vývoje jsou prototypy důležité pro posouzení vzhledu a tvaru dílů. Sestavy jsou většinou obráněny, popřípadě tisknuty z jednoho kusu. Jsou vyráběny v jednotkách kusů. Pro posouzení designu, vzhledu a tvaru stačí zmenšený model, prototypy se tak vyrábějí v měřítku. Tyto kusy jsou nefunkční a jsou využity pro stylisty a designéry.

V další fázi vývoje jsou vyráběny tzv. funkční prototypy. Při malých sériích jsou všechny díly obráběné popřípadě tištěné na 3D tiskárnách. Pro série do 100 ks se používá vakuové lití, pro série do 500 ks se využívají hliníkové formy a pro malosériovou výrobu se používají formy ocelové (ovšem s výrazně jednodušší konstrukcí než u sériových forem).

Na prototypových dílech probíhají veškeré zkoušky sestav. Ve světelné technice u automobilů jsou to na příklad vibrační zkoušky, homologační testy, testy smáčivosti a zkoušky v teplotní a UV komoře. Dále se testují montážní linky a postupy. První prototypová světla jsou zasílána k zákazníkům na zástavbové zkoušky a výstavní automobily.

Výroba prototypových hliníkových forem je poměrně drahou záležitostí, ale přínos prototypových dílů je vysoký. I při nejlepších počítačových výpočtech a s velmi zkušenými konstruktéry je pravděpodobnost výskytu chyby vysoká. Cena sériových forem je řádově 10krát vyšší než cena formy prototypové a úpravy v sériové formě jsou také výrazně dražší. Jsou i případy, kdy sériová forma nejde opravit a musí se vyrobit forma nová (leštěné nebo dezénované plochy, nemožnost zavložkování kvůli chlazení a další). Proto musí jít díl do sériové formy odladěný a odzkoušený.

Tato diplomová práce se bude zabývat výrobou prototypových hliníkových forem a bude řešit ekonomiku výroby těchto forem. Ve spoustě případů je nutné posoudit správnou technologii výroby formy. V této diplomové práci budou prozkoumány dvě možnosti výroby kritických míst v prototypových formách. Jedná se o místa, která nelze obrobit standardními nástroji. V prvním případě je možné formu rozdělit a obrobit po částech, v druhém případě je nutné hloubit. Budou zde popsány a rozebrány výhody a nevýhody obou metod.

V další části diplomové práce bude proveden ekonomický rozbor výroby již vyrobené formy. Rovněž bude proveden výpočet ceny a času při využití jiné metody obrábění. Ceny budou porovnány. Účelem této práce je stanovit pravidla, která by usnadnila rozhodování o tom, jak formu vyrobit, resp. kdy je výhodnější použít dělení vložek s obráběním nebo naopak hloubením. Vhodnou volbou by tak bylo možné snížit náklady na výrobu formy, termín dodání formy a zvýšila by se kvalita dílů. Při stanovování pravidel se bude vycházet ze zjištěných výsledků.

# **1 Představení firmy AUFEER DESIGN, s. r. o.**

## **1.1 O společnosti**

Společnost AUFEER DESIGN, s. r. o. (dále jen AUFEER DESIGN) byla založena v roce 2000 a od počátku nabízela svým zákazníkům vývojové a konstrukční práce v oblasti automobilového průmyslu. V následujících letech se rozsah služeb rozrostl o design, podporu designu (A-class surfacing), konstrukci přípravků, vedení projektů a vývoj a výrobu prototypových nástrojů a dílů. Společnost rovněž expandovala do zahraničí a zahájila podporu svých zákazníků v Německu, Itálii, Číně, Mexiku, Rusku a v dalších zemích. [1]

V roce 2006 počet CAD specialistů překročil 100, čemuž přispělo i založení vývojového centra v Ostravě. V následujícím roce došlo ke strategickému spojení se společností Matador Automotive a byly otevřeny další pobočky na Slovensku a v Mexiku. Dalším významným milníkem v historii společnosti bylo založení pobočky v indickém Hyderabadu v roce 2008.

V současné době je společnost AUFEER DESIGN specializována na poskytování designérských, vývojových konstrukčních a výpočtových produktů a služeb převážně pro automobilové výrobce a jejich dodavatele po celém světě. S celkovou kapacitou více než 150 specialistů je schopna nabízet komplexní služby od prvních návrhů až po dodávky prototypových dílů a modulů.

## 1.2 Specializované týmy:

### 1.2.1 Design

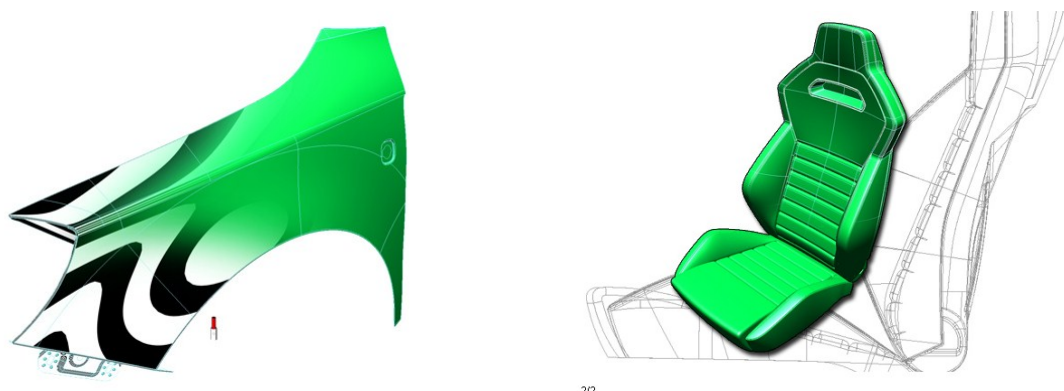
Oddělení designu se zabývá kompletní podporou designu, tzn. realizací ručních i digitálních skic, návrhů a retuší. Navrhuje interiéry a exteriéry osobních i nákladních automobilů a dalších dopravních prostředků, jako jsou vlaky, tramvaje apod.



Obr. 1.1 – Designové práce firmy AUFEER DESIGN [13]

### 1.2.2 Digitalizace modelů a vyhlazování

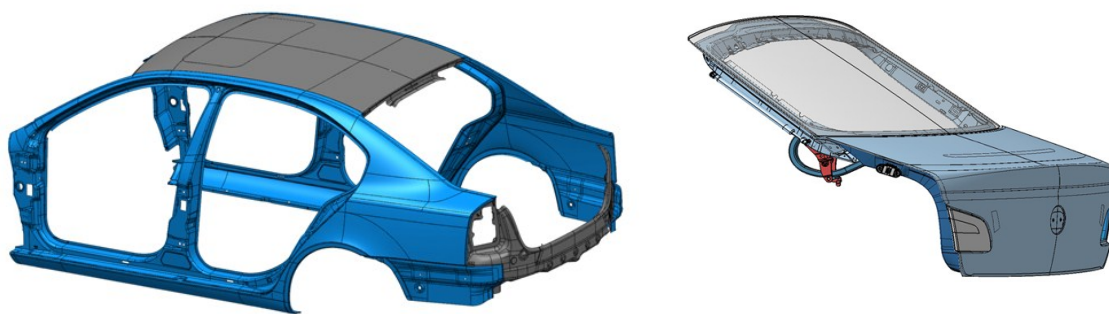
Náplní práce oddělení digitalizace modelů a vyhlazování je přenášení myšlenek, nápadů a návrhů designérů do podoby 3D modelů za účelem dalšího zpracování v CAD systémech. Součástí digitalizace je nejen koncepční modelování, ale i tvorba A class ploch. Tyto 3D modely exteriéru a interiéru jsou důležité pro další stupně vývoje a konstrukci jednotlivých dílů dopravních prostředků.



Obr. 1.2 – Digitalizované modely [13]

### 1.2.3 Karoserie

Oddělení karoserie se zaměřuje na vývoj svařované karoserie skládající se z platformy a klobouku, okované karoserie skládající se z dveří a víka a na mechanismy s tím spojené. Dále provádí DMU analýzy, tvoří montážní postupy a řeší spojování jednotlivých dílů, a to svařováním, lepením a nýtováním.



Obr. 1.3 – Ukázka práce oddělení karoserie [13]

### 1.2.4 Plasty

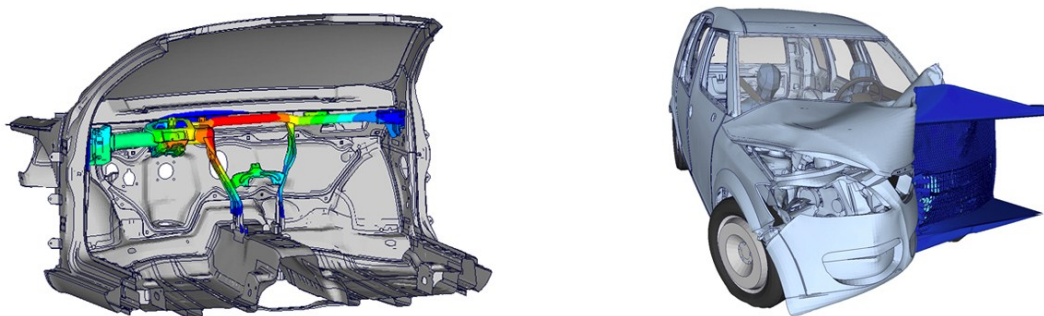
Pod oddělení plastů spadají koncepční, konstrukční a vývojové práce pro interiérové i exteriérové díly automobilového průmyslu. Konkrétně se věnují konstrukci přístrojových desek, sedadel, výplní dveří, odkládacích schránek, středními konzolami, ovládacími mechanismy, obložením a pomůckami pro praktické využití zavazadlového prostoru. Samostatnou kategorií je vývoj a simulace osvětlovacích systémů, jako jsou přední světlomety, zadní lampy, mlhovky, denní svícení a interiérové světla.



Obr. 1.4 – Ukázka práce oddělení plastů [13]

### 1.2.5 Výpočty a simulace

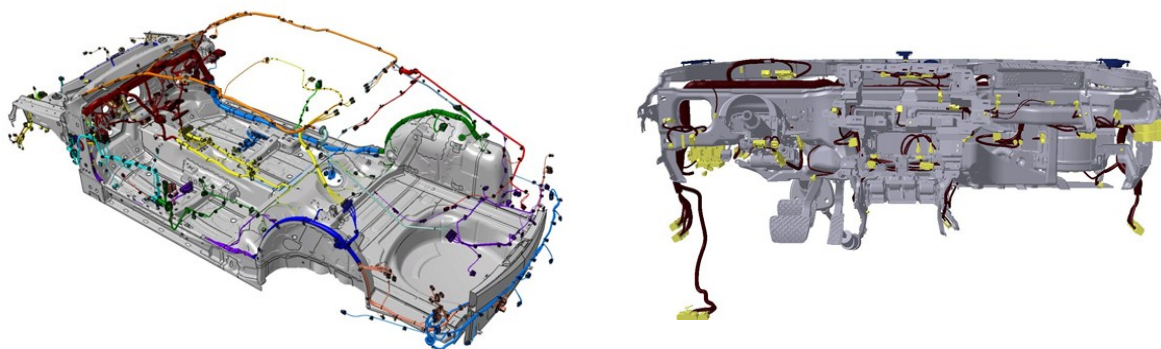
Oddělení výpočtů a simulací ověřuje výpočty a simulace tuhosti, pevnosti, životnosti a dynamického chování zvolených konstrukčních řešení ve vývoji osobních automobilů. Dále provádí statické, lineárně i nelineárně dynamické testy, crashtesty, testy chování posádky při nárazu a testy funkčnosti bezpečnostních systémů.



Obr. 1.5 – Ukázka práce oddělení výpočtů [13]

### 1.2.6 Elektro

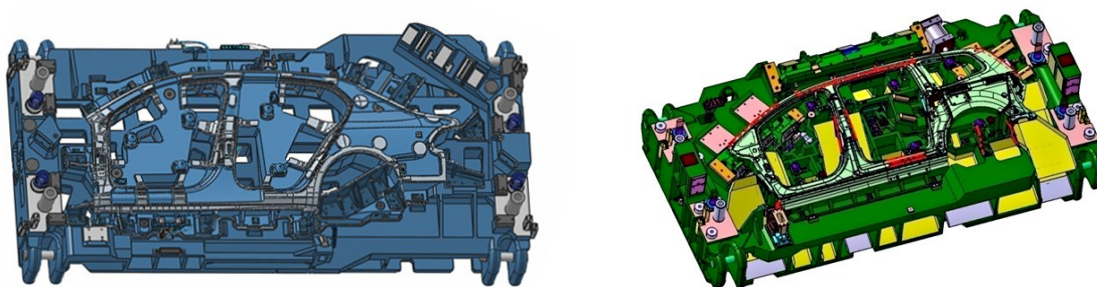
Oddělení elektro se zabývá optimálním řešením kabelových svazků a dalších elektrických a elektronických součástí nejen pro automobilový, ale i letecký průmysl. Řeší kompletní zástavbu elektrických svazků včetně konektorů, uchycení, průchodek a kostřících bodů.



Obr. 1.6 – Ukázka práce oddělení elektro [13]

### 1.2.7 Lisovací nářadí

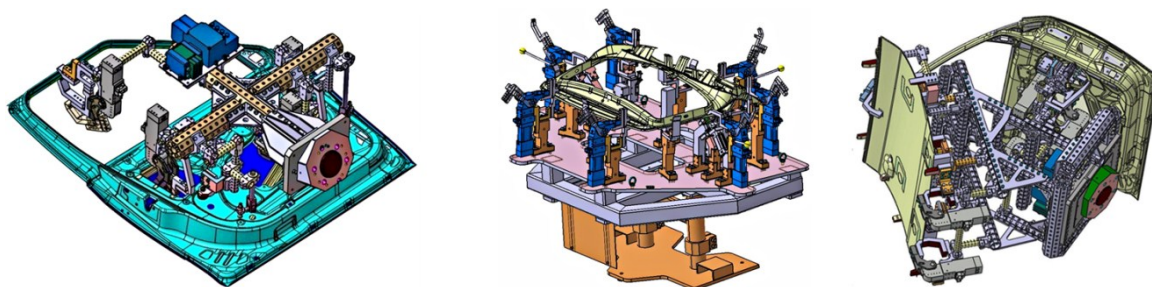
Oddělení lisovacího nářadí tvoří metodiky lisování a layoutů pro postupové i transferové nástroje. Rovněž konstruuje lisovací nářadí dle specifikace zákazníka.



Obr. 1.7 – Ukázka lisovacího nářadí [13]

### 1.2.8 Svařovací linky

Oddělení svařovací linky tvoří layouty svařovacích linek, konstrukce samotných zařízení, jako jsou svařovací a upínací přípravky, greifery a odkládací stanice, a simulace svařovací linky s využitím softwaru RobCad.

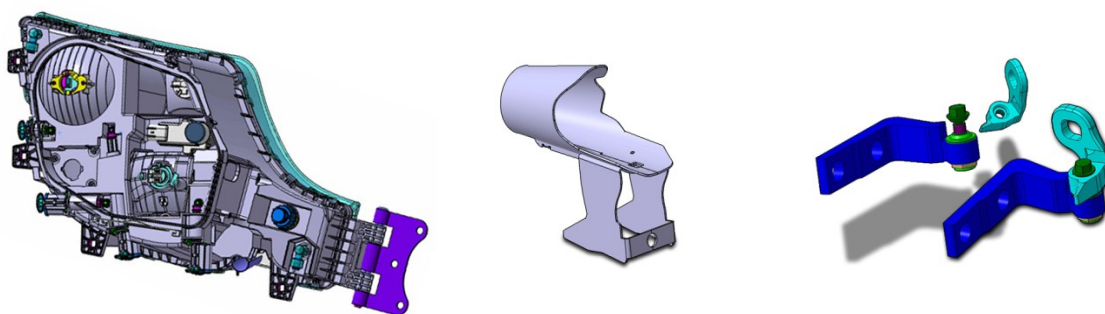


Obr. 1.8 – Ukázka práce oddělení svařovacích linek [13]



### 1.2.9 Prototypy

Oddělení výroby prototypů poskytuje zákazníkům podporu s cílem nabídnout jim ucelený servis spočívající ve vývoji a konstrukci součástí interiéru a exteriéru, a to od prvních ideových návrhů až po validaci designu pomocí dodaných prototypů určených ke kontrole funkčnosti a zástavby. To vše vykonává pro provedení veškerých zkoušek od pevnostních, korozních až po zkoušky životnosti, a to přesně dle technické specifikace.



Obr. 1.9 – Ukázka práce oddělení prototypů [13]



## **2 Typy prototypové výroby**

### **2.1 3D tisk**

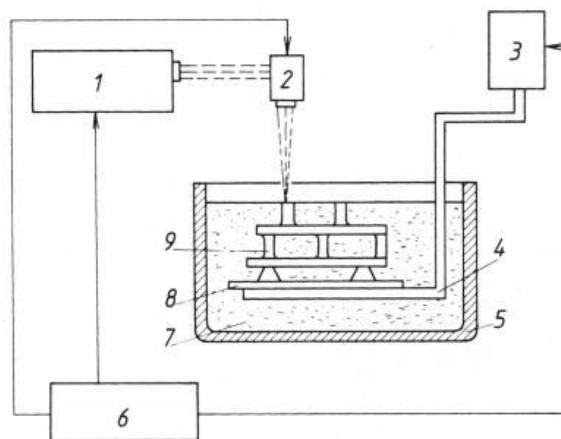
Technologie 3D tisku je používána pro svou rychlost a jednoduchost. Vyrobené díly ale nedosahují takových pevností jako vstříkované díly a při použití těchto dílů jako pohledových je nutná úprava, a to nejčastěji tmelením, broušením a lakováním. 3D tisk pracuje na různých principech, kdy nejčastěji používané jsou uvedeny v následujících podkapitolách.

#### **2.1.1 SLS – Selective laser sintering**

Metoda SLS – Selective laser sintering spočívá ve spékání speciálního prášku silným laserem po slabých vrstvách (cca 0,1mm). Tento prášek je nanášen na plochu pracovního stolu tiskárny v ochranné atmosféře a následně spečen v místě tisknutého dílu. Po spečení je stůl posunut o tloušťku vrstvy, je nanesena nová vrstva a celý proces se opakuje do vytvoření celého dílu. Uvedená metoda jako jediná umožňuje tisk z kovových materiálů a je ideální pro subtilní a vzdušné struktury.

#### **2.1.2 SLA stereolitografie**

SLA stereolitografie je nejstarší z používaných technologií. Princip spočívá ve vytvrzování tekutého kompozitu – pryskyřice – laserovým paprskem. Po vytvrzení vrstvy se zvedne hladina a je vytvrzena další vrstva. Jedná se o rychlou a levnou technologii, ovšem její nevýhodou je toxicita pryskyřice a malá pevnost modelů.



Obr. 2.1 – Schéma zařízení pro technologii stereolitografie [14]

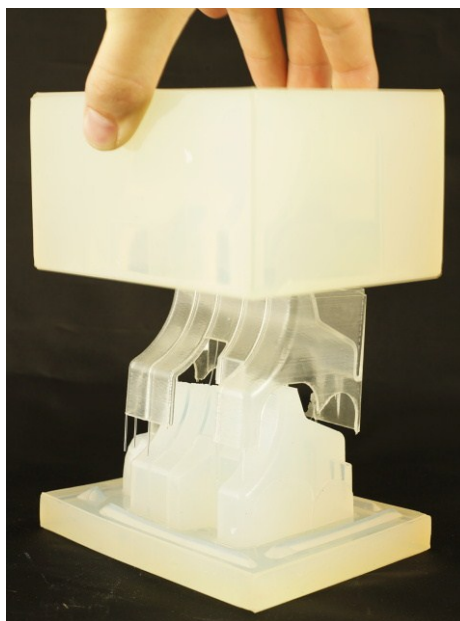
(1 - laser, 2 - pracovní hlava laseru, 3 - systém pro posuv nosné desky, 4 - nosná deska, 5 - pracovní vana, 6 - CNC řídicí systém, 7 - fotopolymer, 8 - podložka, 9 - vyráběná součást)

### 2.1.3 FDM – fused deposition modeling

Metoda FDM – fused deposition modeling spočívá v nanášení roztaveného materiálu tryskovou hlavou po tenkých vrstvách (cca 0,25mm). Díl je stavěn nanášením materiálu v místě dílů. V místech, kde by byl základní materiál „ve vzduchu“ se využívá pomocného materiálu, který tvoří podpěru základnímu materiálu. Pomocný materiál je nakonec odstraněn pomocí ultrazvuku nebo ve speciální lázni. Výhodou metody je velké množství použitelného materiálu (PP, ABS, PC,...). Nevýhodou je menší pevnost modelu a hrubá struktura.

## 2.2 Vakuové lití

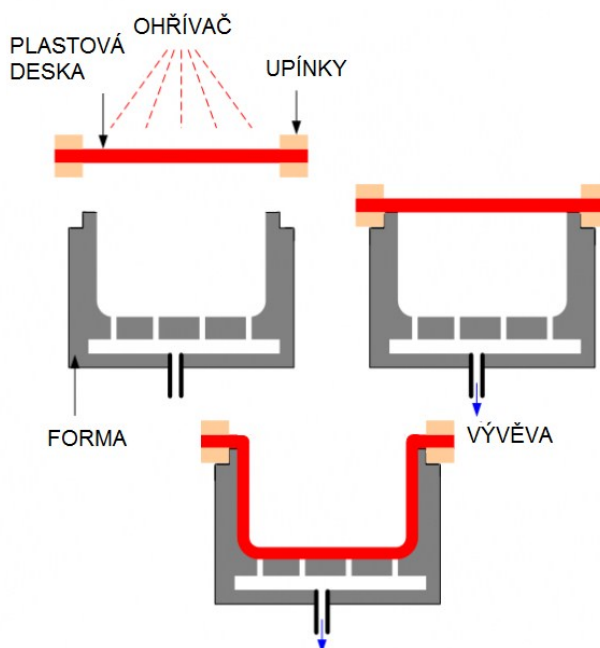
Pro tuto metodu je nutné vytvořit Master model, nejčastěji za použití předcházejících metod. Tento model je vyhlazen a vyčištěn, aby co nejvíce odpovídal plánovanému dílu. Master model já následně zalit do silikonu. Po vyjmutí modelu vznikne forma, kterou lze vícenásobně použít (podle složitosti dílu až 100násobně). Lití probíhá ve vakuové komoře. Používají se speciální materiály na bázi polyuretanové pryskyřice. Vakuové lití umožňuje odlévání složitých, tenkostěnných a přesných dílů i dílů s negativními úkosy.



Obr. 2.2 – Silikonová forma s matičním SLS modelem [15]

## 2.3 Termoforming

Termoforming spočívá v zahřátí plastové folie různé tloušťky a materiálů na teplotu tváření. Pomocí vakua dojde k dokonalému přilnutí folie na tvarové kopyto, nejčastěji obrobena z umělého dřeva. Po odlisování je nutné obrobít nebo odstříhnout otvory a okraje dílu. Uvedená metoda je vhodná pro plošné plastové díly jako např. obložení dveří, obalový materiál apod.

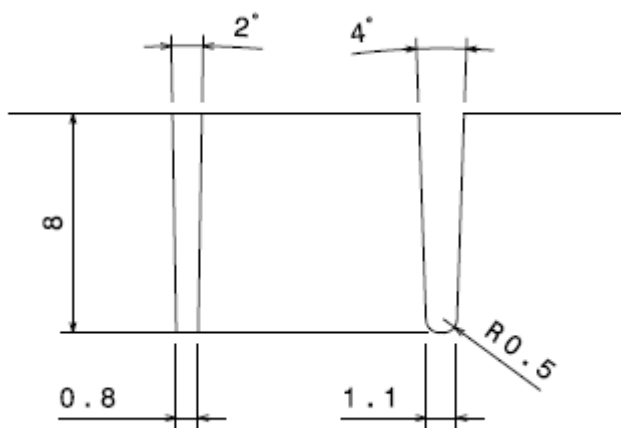


Obr. 2.3 – Princip termoformingu [16]

## 2.4 Prototypové formy

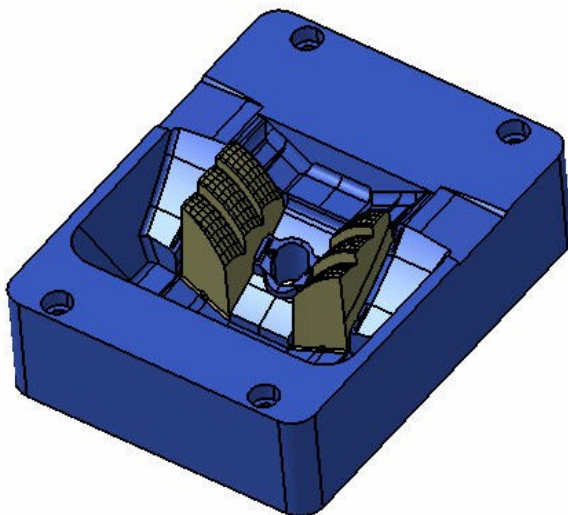
Prototypové formy jsou zjednodušenou variantou klasických forem pro vstřikování plastů. Tyto formy jsou nejčastěji vyráběny z certalu (speciální slitina hliníku s vyšší tvrdostí a pevností), který zaručuje životnost formy okolo 500 zdvihů. Tento materiál umožňuje vyšší rychlosti při obrábění, snazší leštění a jednodušší montáž a lícování formy.

Hliníkové prototypové formy jsou nejčastěji obráběny z jednoho kusu materiálu. Tvar dílu se přizpůsobuje možnostem obrábění, zejména průměru nástroje a možného vyložení tohoto nástroje. Ve spoustě případů se rozšiřují žebra a povolují se rádiusy na dnech drážek. Standardně používané minimální nástroje jsou kulové frézy s poloměrem 0,5 mm. V extrémních případech lze použít i kulové frézy s poloměrem 0,1 mm.



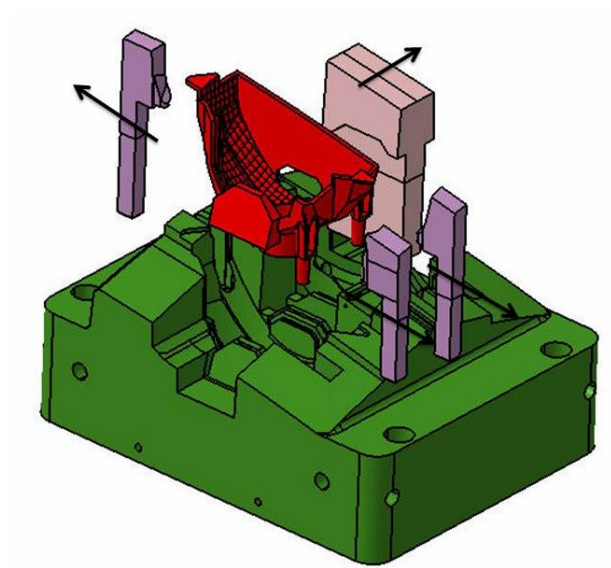
Obr. 2.4 – Zjednodušení tvaru žebra – před a po úpravě pro prototypovou formu

V dalších případech není možné použít standartní technologie třískového obrábění a je nutné formu upravit. Nejčastěji se tak děje dělením nebo zavložkováním. Tento způsob zvyšuje cenu formy, prodlužuje dobu její montáže a termín její výroby a zhoršuje kvalitu výlisků, kdy jde na výlisku vidět hrana po vložkování.



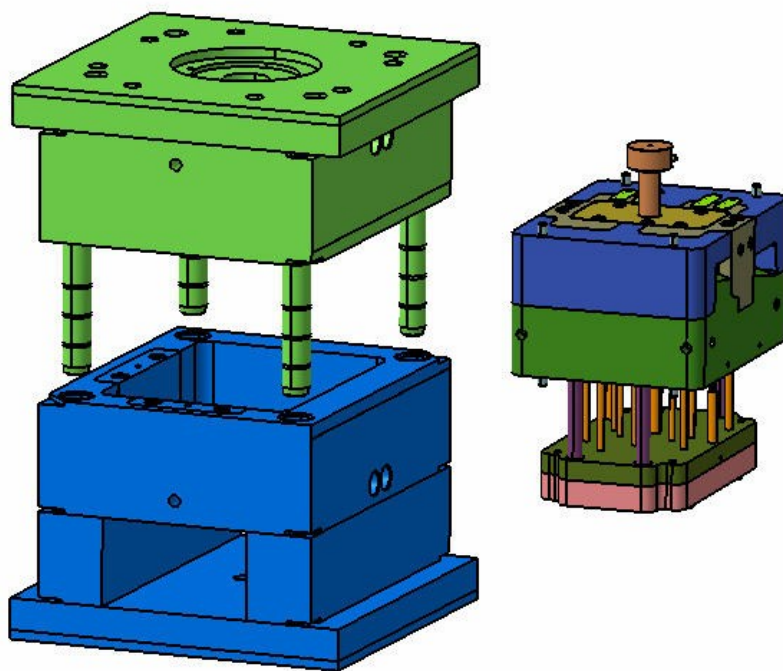
Obr. 2.5 – Vložkování formy pro jednodušší opracování

Rozdíly konstrukce klasických a prototypových forem spočívají v tom, že při odformování dílu mimo hlavní směr lisování se nepoužívá šikmých kolíků a posuvných čelistí, ale vložek, které vyjíždějí současně s dílem a jsou ručně sejmuty z výlisku a vráceny do formy.



Obr. 2.6 – Odformování dílů pomocí vložek

U prototypových forem se využívá výrazně jednodušší konstrukce než u forem sériových. Používá se jednoduché vtakování dílu, nejčastěji tunelový nebo filmový vtok, který je následně z dílu odřezán. Nepoužívají se horké rozvody. Velmi často se upřednostňují univerzální rámy, do kterých se vkládají pouze vložky formy s vyhazovacím paketem.



Obr. 2.7 – Univerzální rám a vložky do rámu

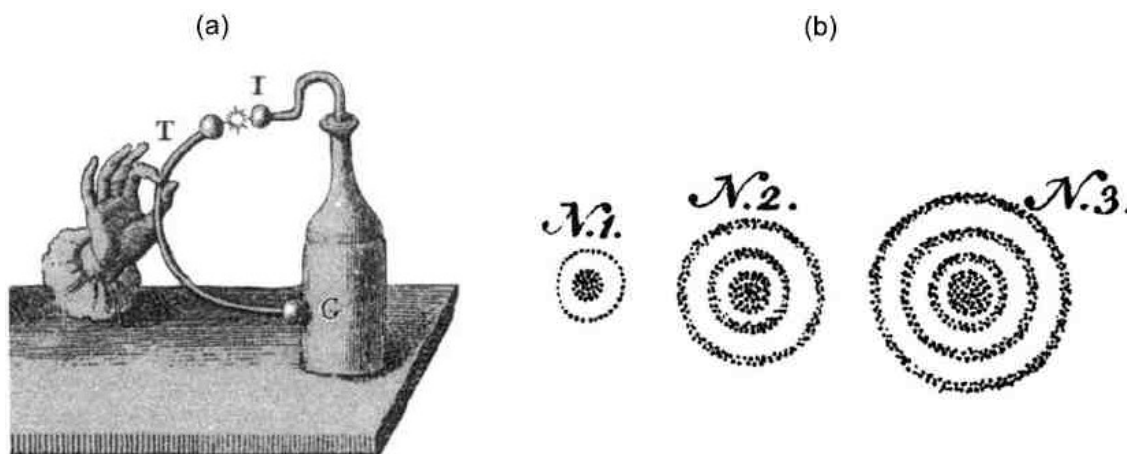
Prototypy dvoukomponentních dílů jsou lisovány postupně odlisováním části z prvního materiálu, vložením do formy a obstříknutím druhým materiálem. U prototypových forem lze z důvodů nižších požadavků na cyklus použít jednodušší chlazení než u sériových forem. Nejčastěji to bývá jeden jednoduchý chladicí obvod.

### 3 Elektroerozivní obrábění

#### 3.1 Historie

Objev elektroeroze se datuje současně s objevem elektrických výbojů. První elektrické výboje byly produkovány přírodními silami, zejména blesky. Uměle vytvořené elektrostatické výboje byly poprvé pozorovány při tření, které se datuje do první poloviny 18. století. Okolo roku 1745 byly uměle vytvořeny jiskry a elektrické výboje pomocí Leydenovy nádoby, první formy kondenzátoru vynalezeného v Německu a Holandsku. Při zapojení více nádob do paralelního zapojení bylo možno dosáhnout silnějšího výboje. Vznikla tak první baterie. [1]

Za objevením elektroeroze stojí anglický vědec Joseph Priestley (rok 1733 – 1804), který si jako první všiml elektroerozivních kráterů zanechaných na povrchu katody po elektrickém výboji.



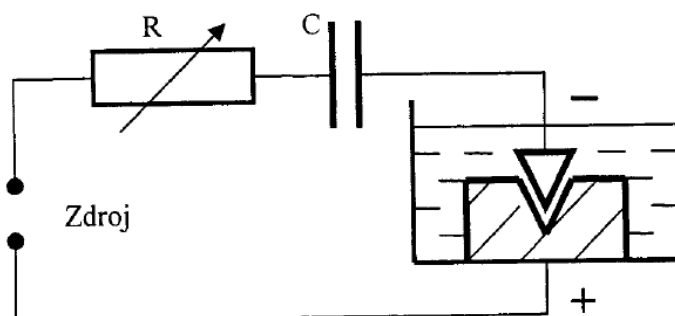
Obr. 3.1 – Leydenova nádoba [1]

(a) Vznik elektrického výboje na Leydenove nádobě od Alessandra Volty

(b) Nákresy erozivních kráterů na katodě od Josepha Priestleyho z roku 1766

Jako první se technologickým využitím elektroeroze zabývali manželé Lazarenkovi. Ti v letech 1938 až 1944 prováděli první výzkumy využití elektrických výbojů k obrábění kovových materiálů. Na základě těchto výzkumů stanovili zákonitosti elektroeroze. Těmito zákonitostmi je tvrzení, že materiály, které jsou elektricky vodivé, podléhají elektrické erozi. Tyto materiály podléhají elektrické erozi v plynném i v kapalném prostředí.

Vhodnou volbou parametrů elektrického oblouku a správným zapojením lze docílit přeměny stacionárního výboje (oblouku) na opakované nestacionární výboje umožňující podstatně přesnější rozrušování materiálu. Jimi navržené zapojení použitého generátoru, označované též jako Lazarenkovo zapojení, bylo dlouhou dobu používáno jako zdroj výbojů v oblasti elektroerozivního obrábění. [2]

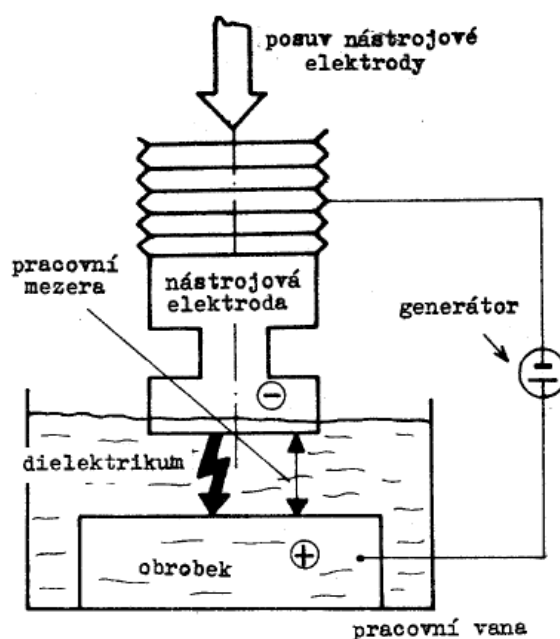


Obr. 3.2 – Lazarenkovo zapojení [2]

### 3.2 Princip

Úběr materiálu je fyzikální jev probíhající mezi dvěma elektrodami, které jsou ponořené do pracovního dielektrika. Dielektrika je kapalina s vysokým elektrickým odporem. Výboj vzniká přivedením napětí na elektrody. Velikost napětí je závislá na následujících faktorech:

- vzdálenost elektrod
- čistota a vodivost dielektrika



Obr. 3.3 – Schéma elektoroeroze [2]



Ke vzniku elektrického výboje dochází v místě nejsilnějšího napěťového pole. Toto pole uvádí do pohybu záporné a kladné ionty. Ty postupně zrychlují a nabývají vysoké rychlosti, která vede k vytvoření ionizovaného kanálu. Mezi elektrodami vzniká elektrický výboj, který vyvolává řadu dalších srážek částic. Vzniká tak plazmové pásmo. To dosahuje velmi vysokých teplot (podle typu elektrického výboje 3 000 až 12 000 °C). Tento výboj způsobuje tavení a odpaření materiálu na elektrodách.

V důsledku vysokých teplot elektrického výboje dochází k odpařování dielektrika. Vzniká plynová bublina o vysokém tlaku. Když je přerušen elektrický oblouk, klesne teplota, a to vyvolá implozi bubliny (imploze = zhroucení dovnitř). Dielektrikum proniká působením velkých dynamických sil do uzavřených prostor a vyplaví tak roztavený materiál z kráteru vzniklého po působení elektrického výboje. Tento materiál je zároveň ochlazen a vyplaven ven ve formě malých kuliček. [2]

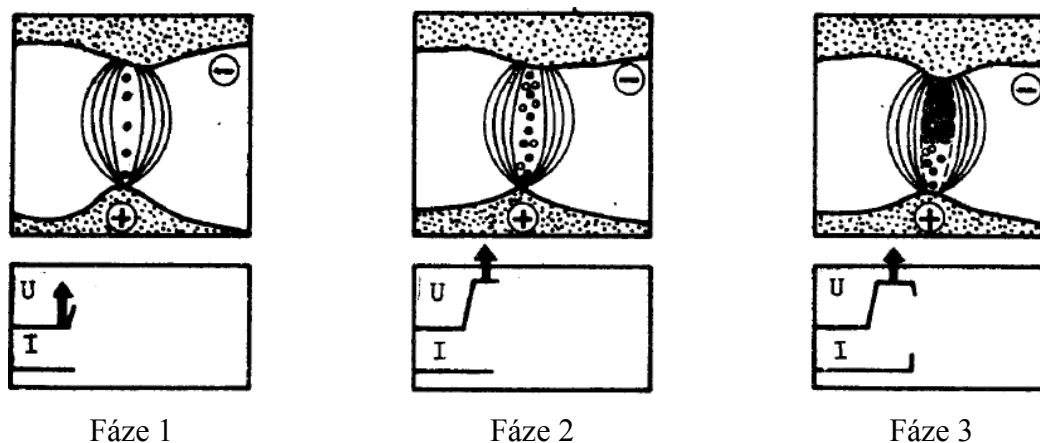
### 3.2.1 Fáze výboje

Samotný elektrický výboj trvá v jednotkách  $\mu\text{s}$ , přesto jej lze rozdělit na devět fází.

**Fáze 1** Při zapojení napětí vzniká v místech s minimální vzdáleností mezi elektrodami místo maximálního gradientu. Elektricky vodivé částice jsou kumulovány do tohoto místa.

**Fáze 2** Napětí v místech s minimální vzdáleností dosahuje maximálních hodnot. Částice vytvářejí můstky, které jsou základem potřebným k zapálení výboje.

**Fáze 3** Za působení elektrického pole se začínají z katody uvolňovat elektrony. Ty se srážejí s neutrálními částicemi a tříští je na kladné a záporné ionty. Ionizuje se tak okolní prostředí.

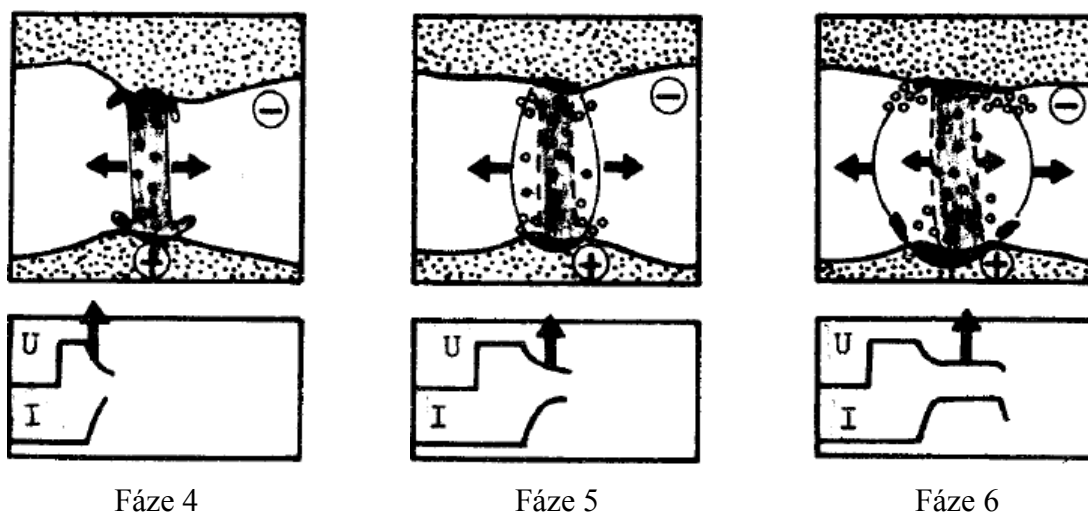


Obr. 3.4 – Fáze elektroeroze 1, 2 a 3 [2]

**Fáze 4** Ionty obalují střed budoucího výbojového kanálu, přičemž klesá elektrický odpor. Mezi elektrodami začíná protékat elektrický proud, roste proudová hustota a vzniká vodivý kanál tvořený plazmou. Roste teplota povrchu elektrod a hodnota proudu, klesá napětí.

**Fáze 5** Dielektrikum se začíná odpařovat a vzniká plynová bublina. Dochází k uvolňování velkého množství tepelné energie (teplota dosahuje až 12 000 °C). Částice narážejí na elektrody, dochází k jejich tavení a odpařování. Elektrický proud dosahuje maximálních hodnot, hodnota napětí se ustálí na takzvané zápalné hodnotě.

**Fáze 6** V této fázi dochází k intenzivní expanzi bubliny, tavení a odpařování materiálu.

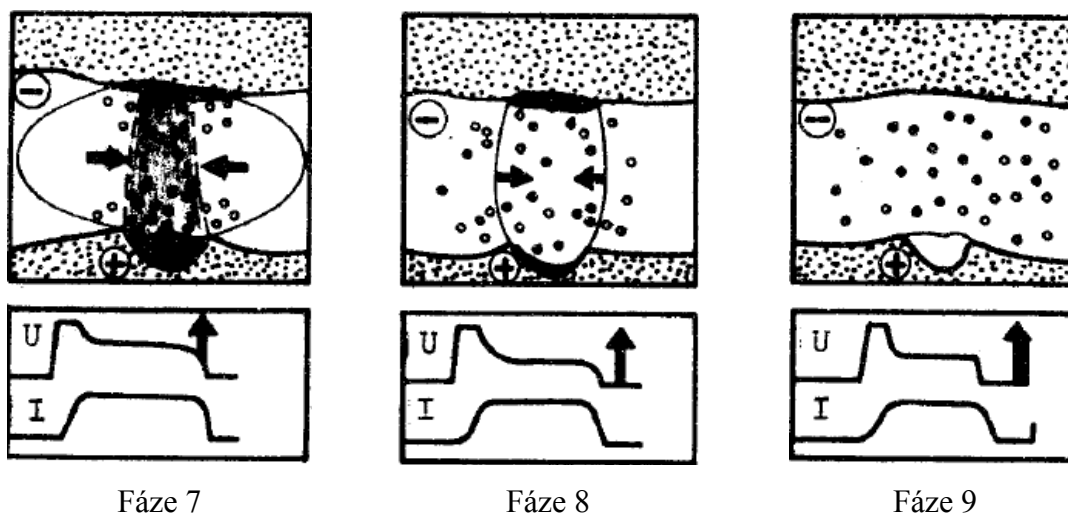


Obr. 3.5 – Fáze elektroeroze 4, 5 a 6 [2]

**Fáze 7** Po přerušení přívodu energie dochází ke snížení dodávek tepla do místa výboje. Z toho důvodu dochází k implozi plynové bubliny. Pokles tlaku způsobuje vytrhávání a vyplavování tavení z prostoru mezi elektrodami.

**Fáze 8** Proud a napětí klesá na nulovou hodnotu, přičemž dochází k zániku bubliny a výboje. Dielektrikum proniká do místa kráteru, ochlazuje jeho povrch a zabraňuje tak tepelnému ovlivnění hlubších vrstev obráběného materiálu. Materiál odebraný z obrobku zůstává v dielektriku ve formě malých částic a spalin.

**Fáze 9** Tato fáze je ve stavu před dalším výbojem. Dielektrikum obsahuje nečistoty a volné ionty. Ty jsou základem pro další elektrický výboj.



Obr. 3.6 – Fáze elektroeroze 7, 8 a 9 [2]

Hlavním principem elektroeroze je, při vhodné volbě parametrů, dosáhnout minimálního odběru materiálu na elektrodě (nástroj) a maximálního odběru materiálu na obráběném díle (obrobek). Vhodné parametry elektroerozivního obrábění jsou dány:

- vhodným zapojením elektrického proudu (polarita, intenzita proudu a napětí, časovým intervalem a četností výbojů)
- vhodným materiálem elektrody (nejčastěji slitina mědi a uhlík, materiál elektrody se volí v závislosti na obráběném materiálu a jakosti požadovaného povrchu)
- pracovním prostředím (dielektriku, nejčastěji destilovaná voda nebo petrolej) [2]

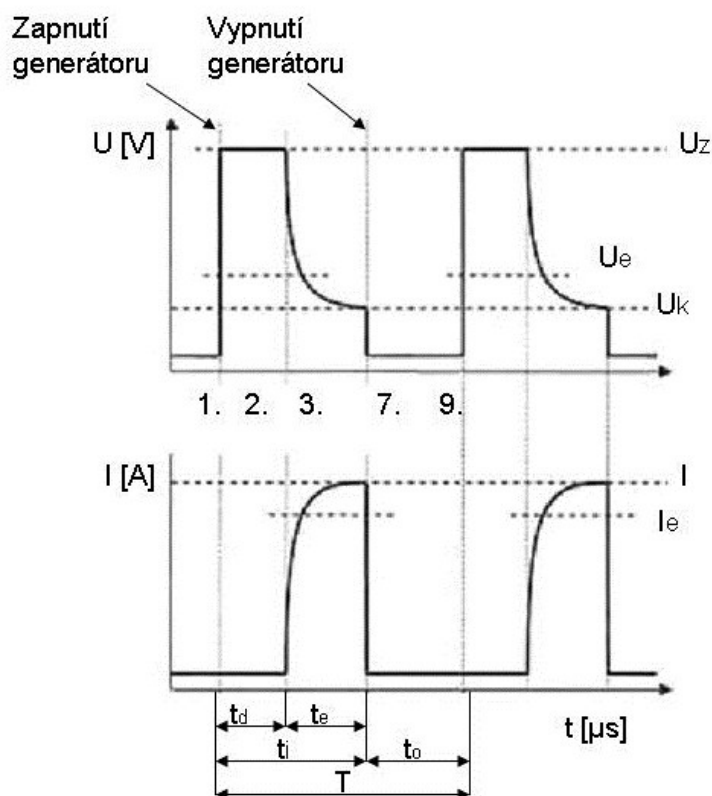
### 3.2.2 Charakteristika výboje

Rozměry kráteru vzniklého při elektroerozivním obrábění jsou dány průměrem a hloubkou vzniklého kráteru. Tyto rozměry ovlivňuje velikost přivedené energie a doba výboje a mají výrazný vliv na drsnost opracované plochy, jakost povrchu a účinnost procesu obrábění.

Množství odebraného materiálu je přímo úměrné energii a je možné jen spočítat z následující vzorce:  $V_i = K * W_i$ .

### 3.2.3 Časový průběh výboje

Časový průběh výboje je dán velkým množstvím charakteristik, které jsou popsány na obrázku č. 3.7. Časový průběh je generován za použití polovodičového generátoru.



Obr. 3.7 – Časový průběh výboje zobrazený spolu s jednotlivými fázemi [2]

Popis základních fyzikálních charakteristik k obrázku č. 3.7:

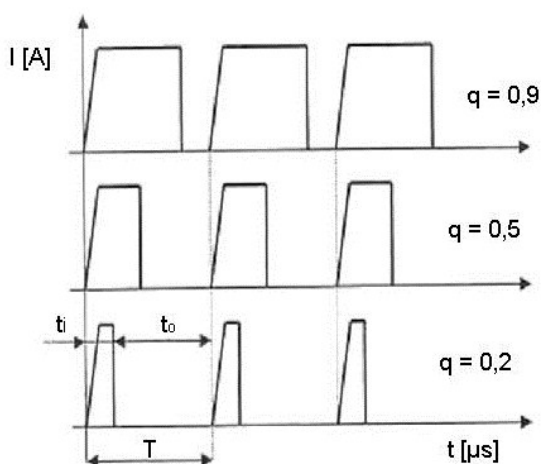
- $U_z$  – napětí na prázdko, napětí při zapnutém generátoru
- $U_e$  – střední vybíjecí napětí
- $U_z$  – napětí měřené při zhasnutí výboje, volitelná veličina, která se využívá k řízení a optimalizace procesu elektroerozivního obrábění, je závislá na pracovních podmínkách (obráběný materiál, dielektriku, materiál elektrody)
- $I$  – pracovní proud výboje, maximální proud mezi elektrodami v okamžiku výboje
- $I_e$  – střední hodnota proudu mezi okamžikem zapálení a vypnutím generátoru
- $T$  – doba periody
- $t_i$  – doba impulzu, časový úsek mezi zapojením a vypojením generátoru
- $t_d$  – doba zpoždění výboje, čas mezi zapojením generátoru a proražením výboje
- $t_e$  – doba výboje
- $t_o$  – doba pauzy

### 3.2.4 Časové využití periody výboje

Časový průběh výboje má velký vliv na množství odebraného materiálu a jakost povrchu. Zavádí se zde veličina  $q$  – perioda výboje. Tato veličina umožňuje svojí číselnou hodnotou charakterizovat typ výboje. Pomocí této veličiny můžeme rozdělit výboje na:

- výboj s elektrickou jiskrou
- výboj nestacionárním krátkodobým elektrickým obloukem

Vzorec pro výpočet periody výboje:  $q = \frac{t_i}{T}$



Obr. 3.8 – Periody výboje [2]

#### Výboj elektrickou jiskrou

Výboj elektrickou jiskrou je charakterizován malou hodnotou periody  $q = 0,03$  až  $0,2$ , vysokou frekvencí a krátkou dobou impulzů  $t_i = 10^{-4}$  až  $10^{-6}$  s.

Ve výbojovém kanálu převládá elektronová vodivost vyvolávající vyšší úbytek anody proti katodě, která elektrony uvolňuje (vyšší tepelný účinek dopadu elektronů na anodě). V místě výboje je dosahováno velmi vysoké hustoty proudu, asi  $10^6$  A/mm<sup>2</sup>. Uvedeným hodnotám odpovídá vysoká koncentrace energie  $10^5$  až  $10^7$  W/mm<sup>2</sup> a tvorba teploty ve výbojovém kanálu až  $10\,000$  °C.

Výboje elektrickou jiskrou jsou generovány s nižší energií jednotlivých výbojů, čemuž odpovídá nižší úběr materiálu. Jsou vhodné pro dokončovací operace.

## Výboj krátkodobým nestacionárním obloukem

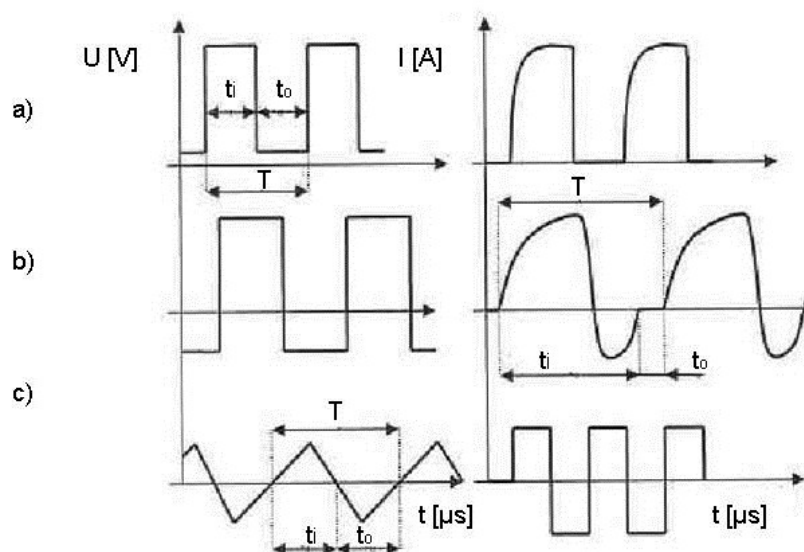
Výboj krátkodobým nestacionárním obloukem je charakterizován hodnotou impulsu  $t_i > 10^{-4}$  s, vyšší dobou periody výboje  $q = 0,2$  až 1 a nižší frekvencí výbojů.

Ve výbojovém kanále většinou převládá iontová vodivost. Uvolňuje se větší počet kladných částic vyvolávajících svými dopady na katodu větší tepelný účinek a tím i úběr materiálu této elektrody. Ve výbojovém kanále dosahuje proudová hustota 100 až 1 000 A.mm<sup>2</sup> při teplotě 3 300 až 3 600 °C.

Tyto výboje jsou generovány s vyšší energií jednotlivých výbojů, čemuž odpovídá větší rozměr kráterů a větší úběr materiálu. Jsou vhodné pro hrubovací operace.

### 3.3 Charakteristika impulsů

Dalším důležitým parametrem ovlivňujícím výsledek elektroerozivního obrábění je charakter impulsů. Technologie elektroerozivního obrábění využívá tři základní druhy impulsů, které jsou určeny polaritou a růstem napětí. Viz následující obrázek č. 3.9.



Obr. 3.9 – Základní druhy impulsů [2]

a) jednopolový, b) střídavý nesymetrický a c) dvoupólový symetrický

### 3.4 Generátory výbojů

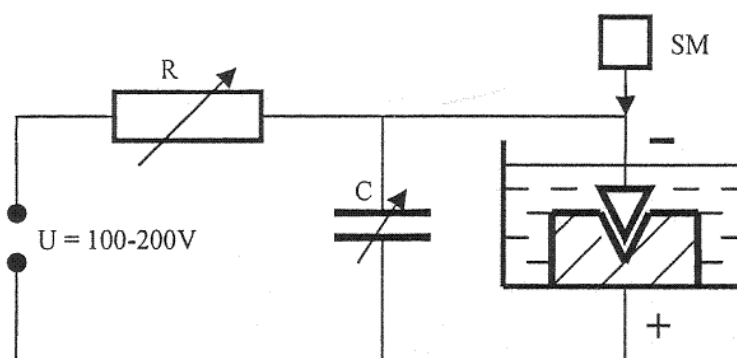
Impulzy při elektroerozivním obrábění jsou vytvářeny pomocí generátoru, který je důležitou součástí elektroerozivního stroje. Existuje velké množství konstrukcí generátorů a jejich zapojení, nejčastější jsou však tyto:

- elektrojiskrový závislý generátor
- mechanický kolektorový generátor
- tranzistorový širokorožahový nezávislý generátor

#### 3.4.1 Elektrojiskrový závislý generátor

Tento zdroj patří k nejstarším současně používaným generátorům výbojů. Princip generátoru spočívá v opakovaném nabíjení a vybíjení kondenzátoru. Kondenzátor je paralelně zapojen do obvodu. Nabíjení probíhá ze zdroje stejnosměrného napětí. Vybíjení probíhá při dosažení průrazné hodnoty napětí. Tato hodnota je závislá na kvalitě dielektrika a vzdálenosti elektrod, proto závislý generátor produkuje velmi krátké výboje v rozpětí  $t_i = 10^{-4}$  až  $10^{-7}$  s. Převládá zde elektronová vodivost, kdy je nutné zapojení obrobku jako anody. Je zde větší úbytek materiálu na obrobku a bohužel i na elektrodě.

Servomechanismus na základě vyhodnocení napěťových poměrů řídí velikost pracovní mezery. Pomocí kondenzátoru je možné řídit hodnoty nabíjecího proudu a ovládat nabíjení kondenzátoru.

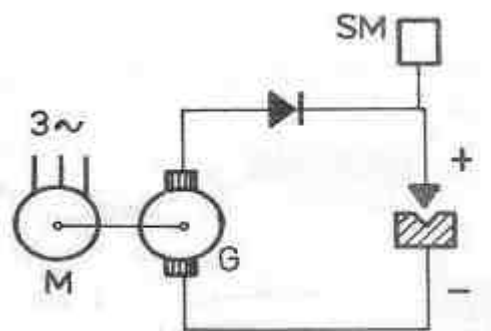


Obr. 3.10 – Schéma elektrojiskrového závislého generátoru [2]

Výhodou této konstrukce je jednoduchost a z toho plynoucí spolehlivost a nízká poruchovost. Mezi nevýhody patří vysoká spotřeba energie a omezená možnost regulace tvaru a frekvence výbojů. Další nevýhodou je značné opotřebení elektrody způsobené změnou polaritý jednotlivých impulzů. Z tohoto důvodu je uvedený princip vhodný pro dokončovací operace.

### 3.4.2 Mechanický kolektorový generátor

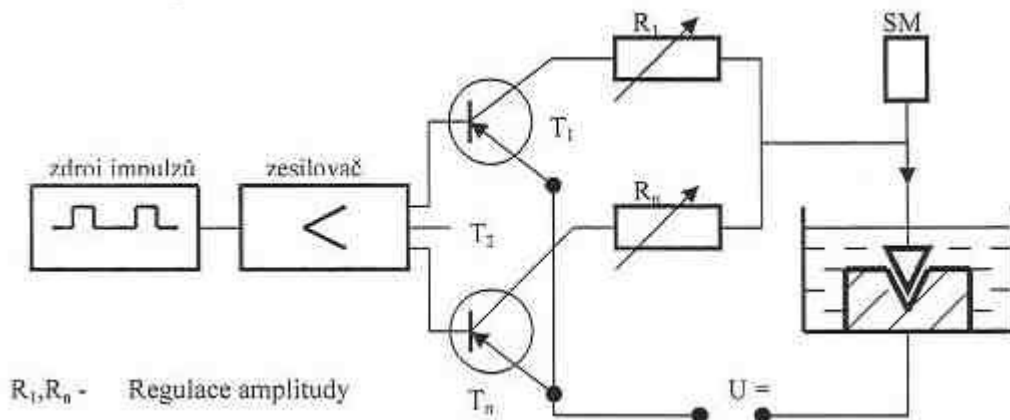
Mechanický kolektorový generátor byl vyvinut za účelem zvýšení produktivity obrábění. Umožňuje širokou volbu pracovních podmínek bez ohledu na situaci v pracovní mezeře. Tento generátor charakterizuje nižší pracovní napětí a delší doba impulzů.



Obr. 3.11 – Schéma mechanického kolektorového generátoru [2]

### 3.4.3 Tranzistorový širokorozsahový nezávislý generátor

Tranzistorový širokorozsahový nezávislý generátor, označován jako generátor druhé generace, umožňuje velkou variabilitu nastavení jak elektrických, tak časových parametrů.



Obr. 3.12 – Schéma tranzistorového širokorozsahového nezávislého generátoru [2]

Po sepnutí tranzistoru zapojeného do série s jiskřištěm se na elektrodách objeví napětí, a za předpokladu, že mezielektrodová vzdálenost je příznivá pro jeho průraz, protéká po dobu sepnutí tranzistoru obvodem pracovní proud. Přerušení výboje se uskuteční uzavřením tranzistoru. Základní část generátoru, který určuje dobu trvání impulzu  $t_i$  a dobu pauzy mezi impulzy  $t_0$ , je multivibrátor.



Multivibrátor generuje impulsy zesílené v impulsním zesilovači, který je buzen výkonnými spínacími tranzistory. Pracovní proud je určen počtem paralelně zapojených zesilovačů. Uvedený zdroj navíc umožňuje obrábění více elektrodami zároveň.

Tento typ generátoru zajišťuje snížení úbytku elektrody, to znamená zvýšení produktivity elektroerozivního obrábění.

V současných moderních elektroerozivních strojích se využívá převážně tohoto typu generátoru. Ten je navíc řízen CNC systémem obráběcího stroje dle zadaných technologických parametrů.

### **3.5 Materiál elektrod**

Volbu materiálu elektrody ovlivňuje řada faktorů, především požadovaná jakost povrchu, efektivnost pracovního procesu a technologie elektroerozivního obrábění. Pro jednodušší volbu materiálu byla zavedena poměrová veličina, tzv. relativní objemové opotřebení, které je vyjádřeno poměrem objemového opotřebení elektrody (nástroje) a obrobku. Poměr objemového opotřebení je dán kombinací materiálů elektrody a obrobku, polaritou, velikostí proudu a charakteristikou impulsu.

Volba materiálu je velmi důležitá i z ekonomického hlediska, jelikož cena materiálu elektrody může dosahovat až 40 % celkových nákladů na elektroerozivní obrábění.

Používané materiály pro elektroerozivní obrábění jsou:

- ocel
- elektrolytická měď – po grafitu druhý nejčastěji používaný materiál pro výrobu elektrod
- wolframová slitina mědi legovaná 50 až 80 % wolframu
- mosaz
- slitina hliníku
- wolfram – používá se pro speciální operace jako např. mikroděrování
- grafit – tento materiál nahrazuje kovové materiály pro své velmi malé opotřebení, nevýhodou je malá pevnost grafitu, která způsobuje problémy při výrobě a použití tvarově složitých elektrod, a specifické obrábění grafitu, je zapotřebí vysokootáčkových obráběcích strojů, které musí být kvůli vysoké prašnosti opatřeny výkonným odsáváním

### 3.6 Dielektrikum

Dielektrikum má velký význam pro průběh elektroeroze. Působí jako ionizátor mezi elektrodami, odvádí teplo vytvořené elektrickým výbojem a zplodiny z místa eroze.

Dielektrikum musí splňovat následující požadavky:

- dostatečně vysokou dielektrickou vodivost neboli odpor, aby průrazem dielektrika mohl vzniknout elektrický výboj
- optimální viskozitu pro zajištění rychlého obnovení izolace v místě výboje
- bod vzplanutí nižší než 60 °C
- hygienickou a ekologickou nezávadnost

Nejčastěji používané typy dielektrika jsou:

- lehké strojní a transformátorové oleje
- petrolej
- destilovaná a neionizovaná voda

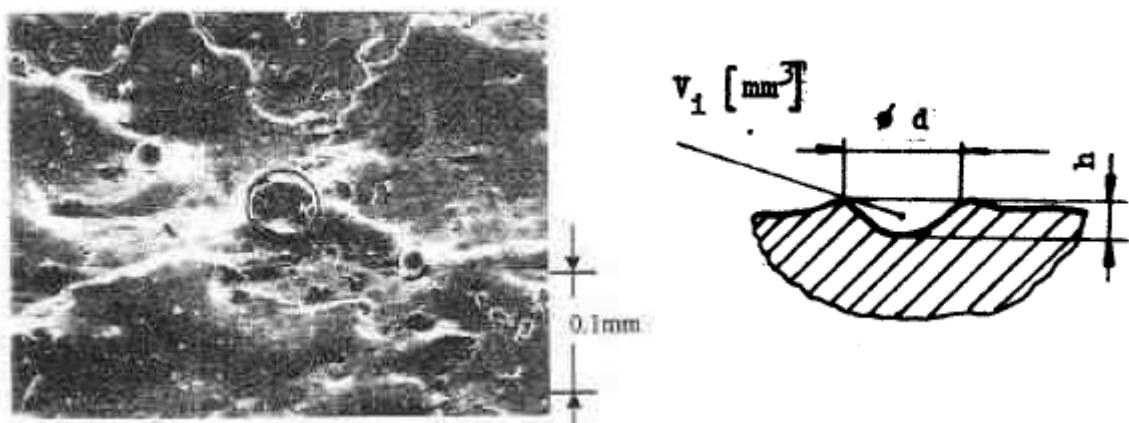
Důležitou součástí elektroerozivních strojů zajišťujících správnou funkci dielektrika jsou agregáty pro přívod, filtraci a chlazení. Ty musí zaručit přívod dielektrika v požadovaném tlaku, čistotě a teplotě do místa elektroeroze.

### 3.7 Jakost povrchové vrstvy

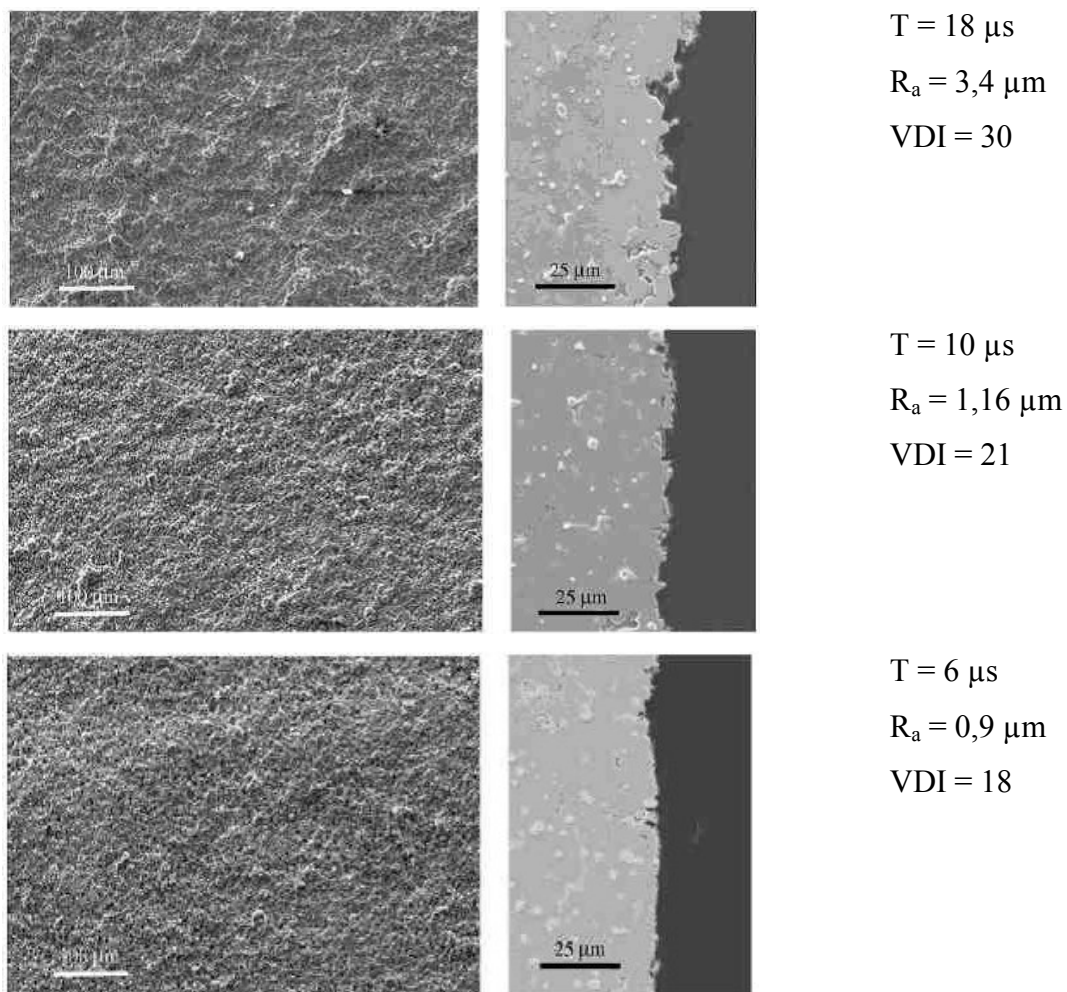
#### 3.7.1 Drsnost povrchu

Drsnost povrchu je jedna z nejdůležitějších vlastností kontrolovaných při elektroerozivním obrábění. Kvalita povrchu je nejvíce ovlivněna energií výbojů. Pracovní proud a napětí tak ovlivňují velikost vytvořeného kráteru, jeho průměr a hloubku (obr níž).

Obecně platí, že nejkvalitnější povrch je dosažen při použití nízkých hodnot proudu a krátkých impulzů. To je doprovázeno vysokým opotřebením elektrody. Obecně platí, že čím vyšší energie, tím vyšší je odběr materiálu a rychlejší proces hloubení, vznikají hlubší krátery a povrch je tak méně kvalitní. Z tohoto důvodu se při potřebě dosažení kvalitního povrchu využívají dvě elektrody. První hrubovací a druhá dokončovací.

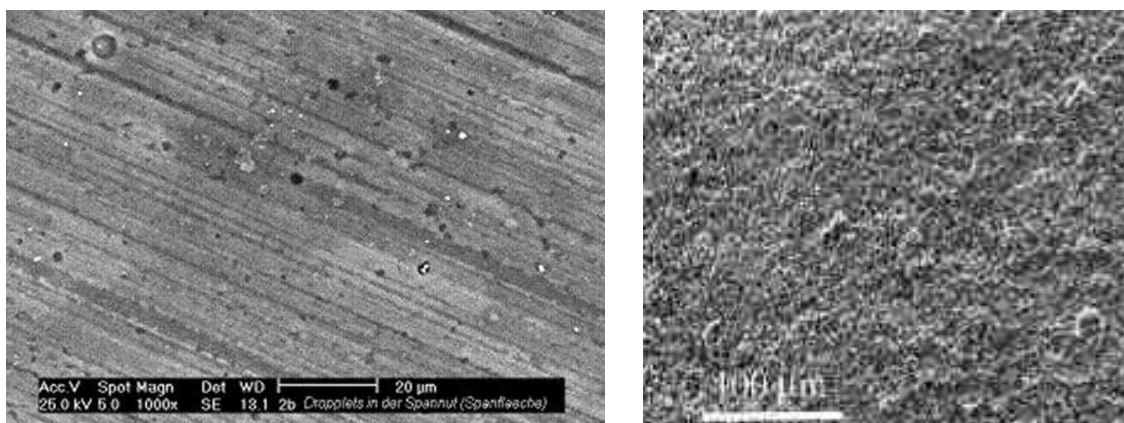


Obr. 3.13 – Kráter vzniklý po elektroerozi [2]



Obr. 3.14 – Povrchová struktura po hloubení – závislost drsnosti a délky impulzu [2]

Struktura povrchu po elektroerozi je rozdílná od povrchu vzniklého po klasickém obrábění. Povrch je tvořen velkým množstvím mikroskopických kráterů vzniklých po elektrických výbojích na rozdíl od obrábění, kde jsou patrné stopy vzniklé po nástroji.



Obr. 3.15 – Porovnání povrchů – obráběný (vlevo) a hloubený (vpravo) [2]

Z důvodu rozdílných povrchů byla zavedena vlastní stupnice kvality povrchu, tzv. VDI stupnice.

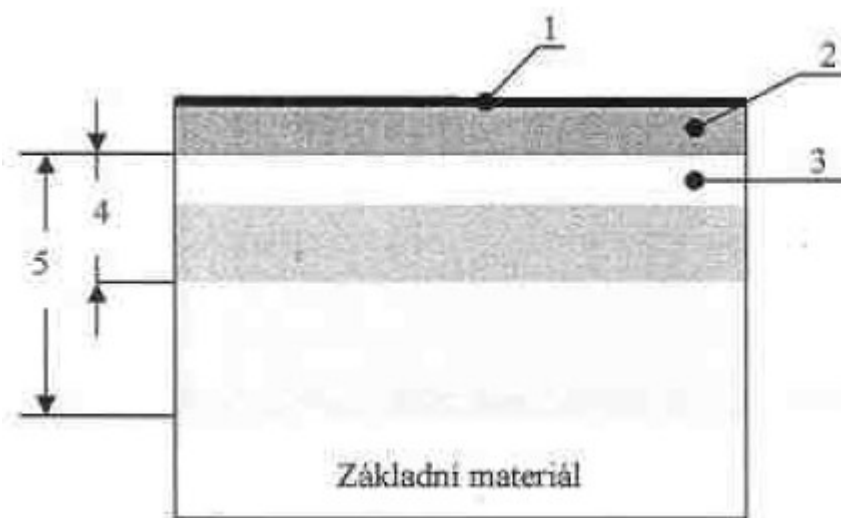
Následující tabulka č. 3.1 porovnává hodnoty drsnosti u obráběných a hloubených ploch. U obráběných ploch se stupeň drsnosti nejčastěji uvádí pomocí střední aritmetické hodnoty drsnosti  $R_a$ . Pro hloubené plochy se používá stupnice VDI.

Tab. č. 3.1 – Porovnání hodnot  $R_a$  a VDI

$R_a$ (µm)	0,4	0,6	0,8	1,1	1,6	2,3	3,1	4,5	6,3	90	12,5	18
VDI (-)	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45

### 3.7.2 Povrchová vrstva

I přes intenzivní chlazení dielektrikem ovlivňuje velký příkon tepelné energie z elektrického výboje povrchovou vrstvu obrobku. Vzniká tepelně ovlivněná vrstva.



Obr. 3.16 – Řez tepelně ovlivněnou vrstvou [2]

*Vrstva 1* – mikrovrstva nasycená částicemi z dielektrika, sloučenina vytvořená difúzí

*Vrstva 2* – vrstva obsahující zbytky nástrojové elektrody

*Vrstva 3* – tato vrstva byla roztavena a znovu ztuhla, je silně nasycena uhlíkem, má jemnou martenzitickou strukturu, tvrdost okolo 60 HRC a tloušťku od 0,04 do 0,2 mm

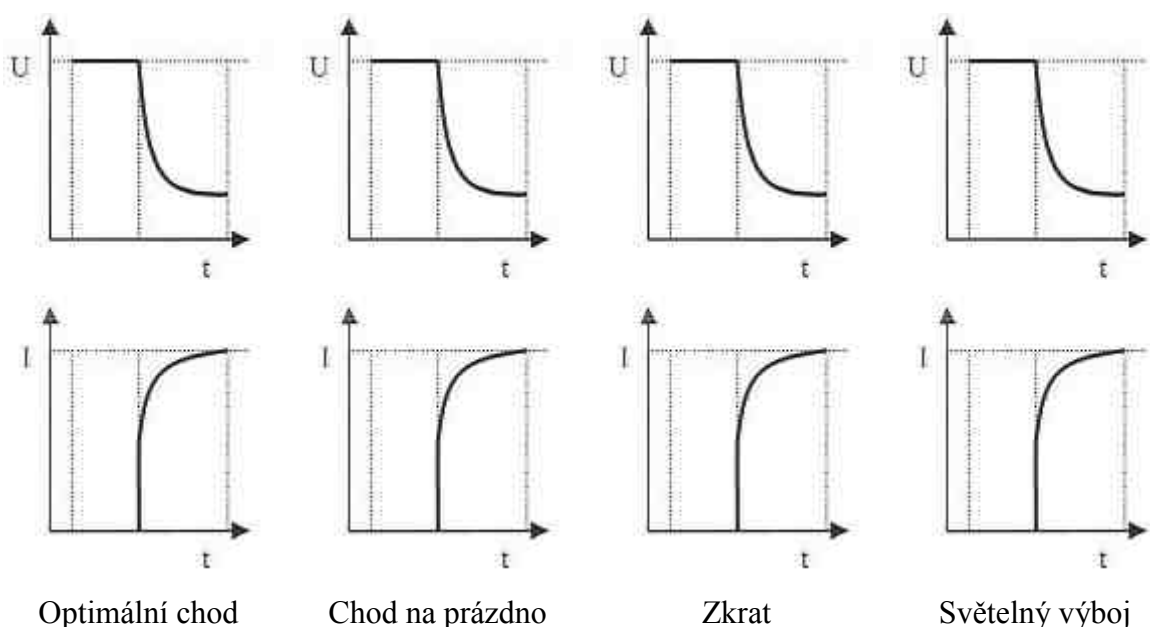
*Vrstva 4* – vrstva termicky ovlivněná, struktura odpovídá zakalenému a popuštěnému materiálu

*Vrstva 5* – vrstva plastické deformace

Při hloubení načisto jsou odběry materiálu a parametry proudu tak malé, že se velikost tepelně ovlivněné vrstvy minimalizuje, elektroeroze tak prakticky neovlivňuje kvalitu obráběného materiálu.

### 3.8 Regulace pracovní mezery

Velikost jiskrové mezery je zásadní parametr procesu elektroerozivního obrábění. Mezera musí být nastavena dle parametrů obrábění. Je-li mezera příliš malá, dochází ke zkratům a světelným výbojům (jiskření). Je-li mezera příliš velká, obvod má tendenci se rozevírat a nedochází k výboji.



Obr. 3.17 – Různé průběhy proudů a napětí při elektroerozi [2]

*Optimální chod* – ideální podmínky

*Chod na prázdno* – chod bez elektrického výboje, příčinou může být velká jiskřící mezera, nebo vysoký tlak přiváděného dielektrika

*Zkrat* – pokles napětí nejčastěji způsobený přímým kontaktem elektrod

*Světelný výboj* – příčinou bývá nedostatečná deionizace dielektrika, což vede k opakování výboje na stejném místě, které má negativní vliv na povrch dílu a opotřebení elektrody

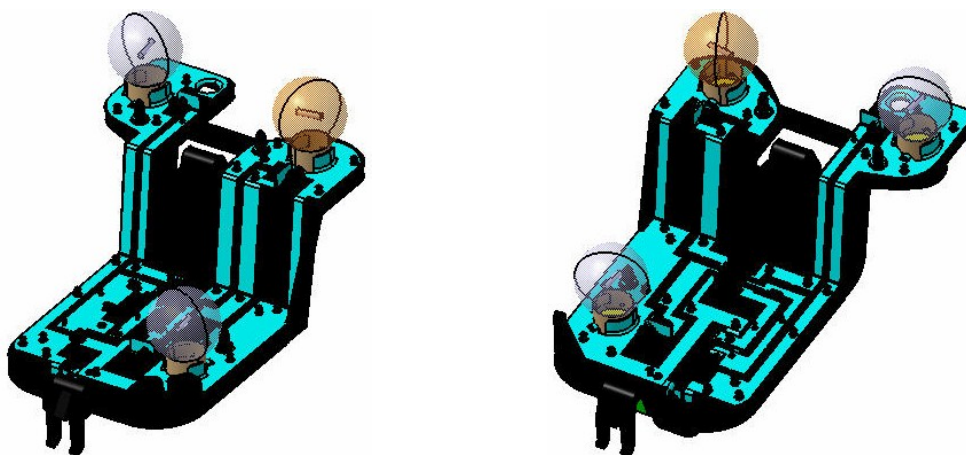
Systém řízení automaticky udržuje optimální vzdálenost mezi obrobkem a elektrodou a tím zajišťuje plynulý proces obrábění. V ideálním stavu se rychlost odebraného materiálu musí rovnat úměrné rychlosti posuvu elektrody.

Pokud je hodnota napětí  $U$  příliš vysoká, řídicí systém vyhodnotí situaci, že je pracovní mezera mezi katodou a anodou příliš velká, a zrychlí posuv elektrody. Naopak když je hodnota napětí příliš nízká, mezera je příliš úzká a stroj zastaví posuv do záběru. V okamžiku, kdy napětí dosáhne optimální velikosti, systém znovu začne posouvat elektrodu do záběru.[2]

## 4 Původní stav formy

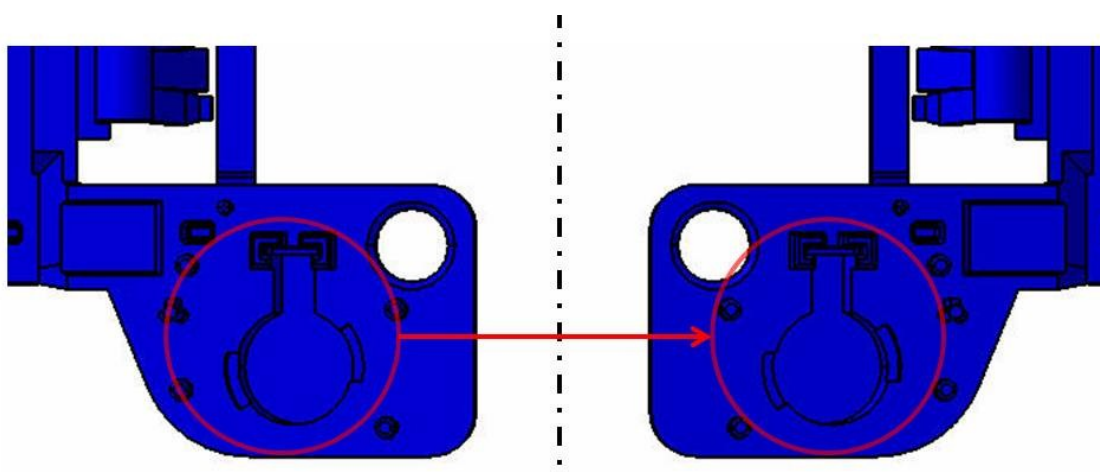
### 4.1 Výrobek – nosič žárovek

Prototypovým výrobkem byl nosič žárovek. Tento díl, dodávaný jako sestava společně s elektricky vodivou sítí a pérky kontaktů, sloužil ve světelné technice jako držák žárovek v zadní skupinové svítelně. Do nosiče byly namontovány žárovky a celá sestava byla založena a uchycena k zadní svítelně. Nosič byl konstruován tak, aby zaručil přesné a pevné uchycení žárovek vůči zadní svítelně a jejich jednoduchou výměnu.



Obr. 4.1 – Sestava nosiče žárovek se sítí a žárovkami

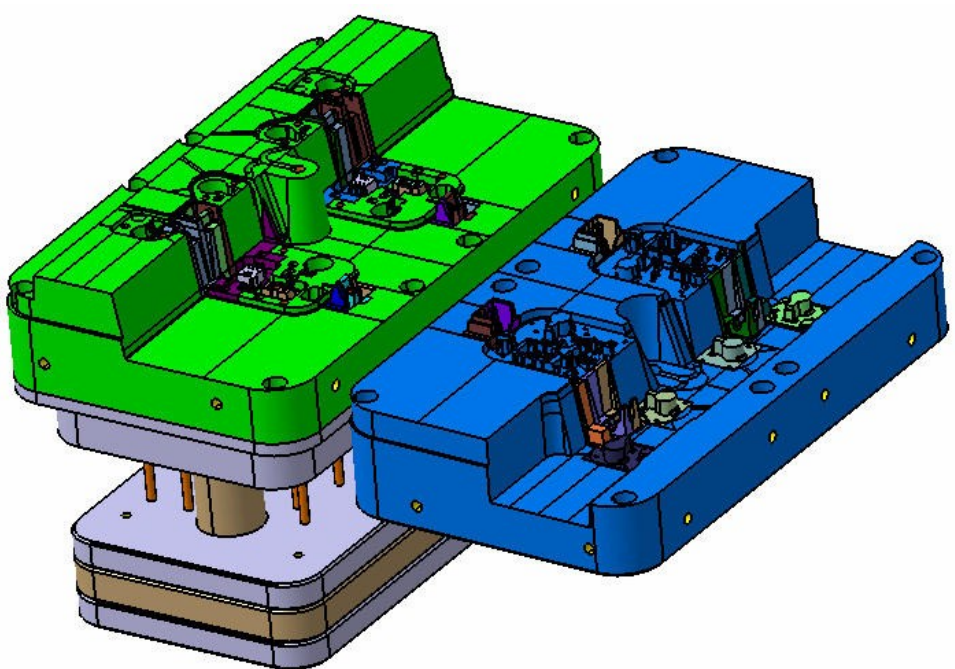
Materiál nosiče žárovek byl PP TD20 Black. Vyráběla se levá a pravá strana, díly byly symetrické kromě oblasti žárovky, která byla do pozice posunutá.



Obr. 4.2 – Rozdíl levé a pravé strany nosiče žárovek

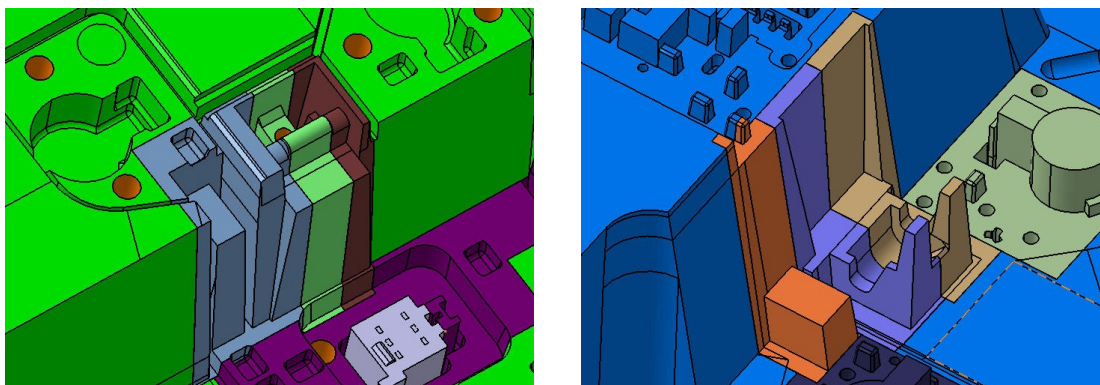
## 4.2 Konstrukce formy pro obrábění

Forma byla konstruována jako hliníkové vložky do univerzálního rámu s jednoduchým vtokem a otiskem pro levou i pravou stranu dílu současně.



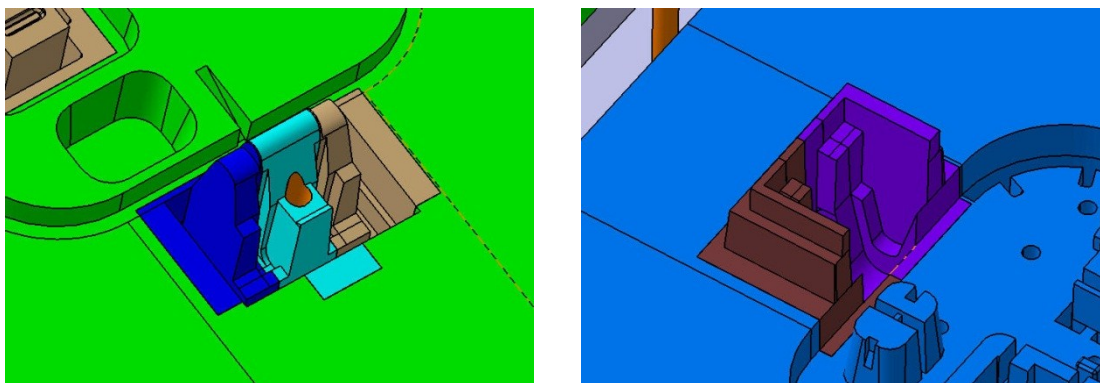
Obr. 4.3 – Vyhazovací a vtoková vložka formy

Problém při výrobě formy nastal v oblasti klipů, kde vznikly hluboké a tvarově složité otvory. V této oblasti musel být z důvodu funkčnosti klipu zachován požadavek zákazníka na maximální povolený rádius na ostrých hranách, který činil maximálně 0,5 mm. Tento požadavek znemožnil obrábění dané oblasti. Neexistoval nástroj s dostatečnou délkou, který by byl schopen obrobit uvedené místo. Proto bylo potřeba formu zavložkovat a upravit tak celou konstrukci formy.

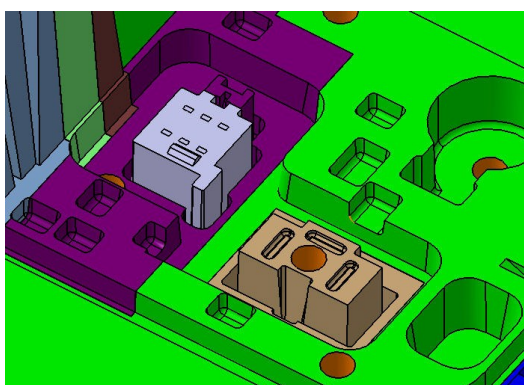


Obr. 4.4 – Kritická oblast prvního klipu (vyhazovací strana vlevo, vtoková strana vpravo)





Obr. 4.5 – Kritická oblast druhého klipu (vyhazovací strana vlevo, vtoková strana vpravo)



Obr. 4.6 – Kritická oblast konektorů

### 4.3 Technicko-ekonomický rozbor operací

Ekonomický výpočet formy byl proveden pouze na částech, které byly pro jednotlivé technologie odlišné. Pro zjednodušení výpočtu se využilo symetrie formy a výpočet se tedy provedl pouze na polovině formy a byl vynásoben hodnotou 2 pro získání celkové hodnoty formy.

Časy jednotlivých operací a ceny za jednotlivé operace byly získány na základě podkladů z firmy CNC Bednář, s.r.o., Opava – Komárov.

Parametry pro jednotlivé operace činily:

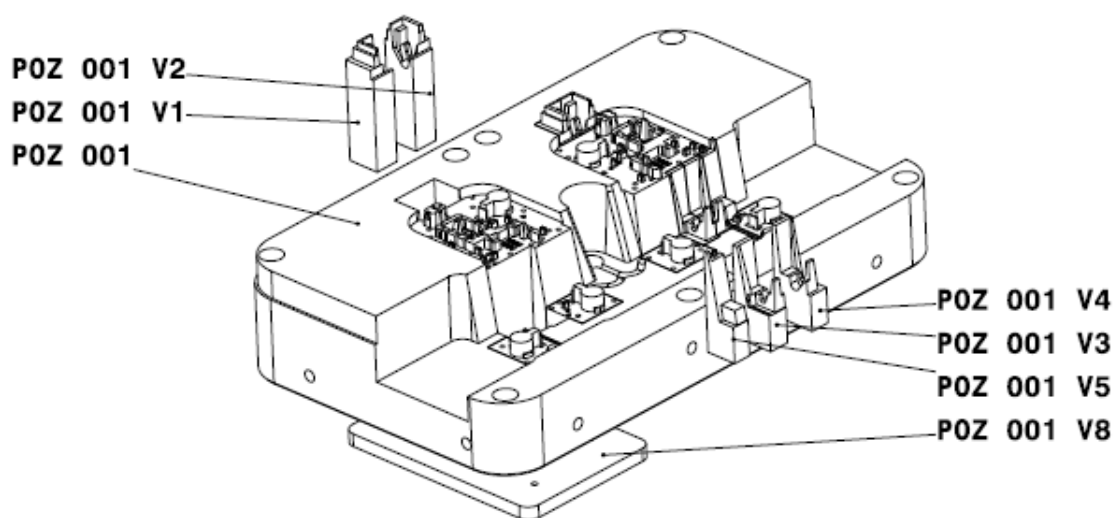
- 3osé frézování – 750 Kč/hod
- opravný koeficient časů CAM/obrábění – 1,3, tento koeficient je průměrná hodnota vzniklá poměrem času vypočteného v CAM systému a reálného strojního času, danou hodnotou proto budou násobeny všechny časy, jelikož jsou k dispozici pouze časy vypočítané CAM systémem

- drátová řezačka – 650 Kč/hod
- nástrojařské práce – 450 Kč/hod
- materiál Certal T651 – 210 Kč/kg – katalogová cena společnosti ALFUN a.s.,  
Zahradní 1610/40, 792 01 Bruntál

Pro přehlednější rozbor byla analýza rozdělena na vtokovou a vyhazovací stranu.

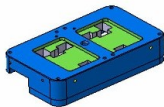
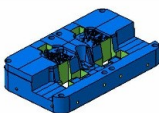
#### 4.3.1 Vtoková strana

Vtoková strana musela být z důvodu obrábění rozdělena na pět vložek. Z tohoto důvodu musely být do vtokové strany vyřezány dva otvory pro usazení těchto vložek a ze spodní strany vyfrézováno zhloubení pro příložku, která vložky kotvila.



Obr. 4.7 – Vtoková strana formy


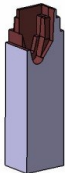
**POZ 001 – vtoková strana** – u této pozice byla brána pouze část dílu, materiál i operace obrábění zůstaly stejné pro obě možnosti obrábění

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Frézování zadní kapsy.	750 Kč/hod	$(1,3 \times 0,25)/2 = 0,17$ hod	127,5 Kč
	Poznámka: - čas frézování viz. příloha: A4.1 - výsledný čas je nutné dělit dvěma. Počítáme se symetrií formy a zde jsou obráběny obě kapsy zároveň.			
	Drátové řezání	650 Kč/hod	$14,2 + 2,85 = 17,05$ hod	11 082,0 Kč
	Poznámka: - délka řezu: odměřeno z CAD dat ( $379,5 + 132 = 511,5$ mm). - čas řezu při výšce 90 mm je 0,6 mm/min pro hrubování a 3 mm/min pro dokončovací řez. - čas hrubování: $511,5 / 0,6 = 852,5$ min = 14,2 hod - čas šlichtování: $511,5 / 3 = 170,5$ min = 2,85 hod			
	Ruční začištění formy	450 Kč/hod	1 hod	450,0 Kč

Celková cena:	11 659,5 Kč
Celkový čas:	18,22 hod

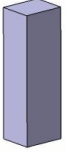
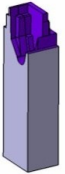
Všechny následující pozice musely být vyrobeny kvůli úpravě formy. Proto zde byla počítána celá cena dílu.

### POZ 001 V1 – vložka

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (Certal T651)	210 Kč/kg	0,23 kg	48,3 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 100x36x26 mm - hmotnost polotovaru 0,23kg			
	Uhlování polotovaru	750 Kč/hod	0,3 hod	225,0 Kč
	Frézování komplet	750 Kč/hod	1,3x3,15= 4,095 hod	3 071,0 Kč
	Poznámka: - čas frézování viz. příloha: A4.2			
	Ruční začištění formy	450 Kč/hod	0,15 hod	67,5 Kč

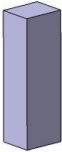
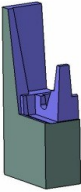
Celková cena:	3 411,8 Kč
Celkový čas:	4,55 hod

### POZ 001 V2 – vložka

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (Certal T651)	210 Kč/kg	0,22 kg	46,2 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 100x32x26 mm - hmotnost polotovaru 0,22kg			
	Uhlování polotovaru	750 Kč/hod	0,3 hod	225,0 Kč
	Frézování komplet	750 Kč/hod	1,3x2,75= 3,58 hod	2 685,0 Kč
	Poznámka: - čas frézování viz. příloha: A4.3			
	Ruční začištění formy	450 Kč/hod	0,15 hod	67,5 Kč

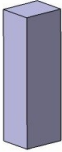
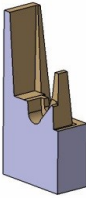
Celková cena:	3 023,7 Kč
Celkový čas:	4,03 hod

### POZ 001 V3 – vložka

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (Certal T651)	210 Kč/kg	0,11 kg	23,1 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 73x33x17 mm - hmotnost polotovaru 0,11kg			
	Uhlování polotovaru	750 Kč/hod	0,3 hod	225,0 Kč
	Frézování komplet	750 Kč/hod	1,3x6= 7,8 hod	5 850,0 Kč
	Poznámka: - čas frézování viz. příloha: A4.4			
	Ruční začištění formy	450 Kč/hod	0,15 hod	67,5 Kč

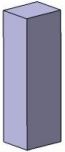
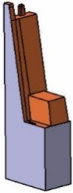
Celková cena:	6 165,6 Kč
Celkový čas:	8,25 hod

### POZ 001 V4 – vložka

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (Certal T651)	210 Kč/kg	0,2 kg	42,0 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 79x41x22 mm - hmotnost polotovaru 0,2kg			
	Uhlování polotovaru	750 Kč/hod	0,3 hod	225,0 Kč
	Frézování komplet	750 Kč/hod	1,3x4,15= 5,4 hod	4 050,0 Kč
	Poznámka: - čas frézování viz. příloha: A4.5			
	Ruční začištění formy	450 Kč/hod	0,15 hod	67,5 Kč

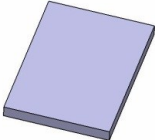

Celková cena:	4 384,5 Kč
Celkový čas:	5,85 hod

## POZ 001 V5 – vložka

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (Cortal T651)	210 Kč/kg	0,16 kg	33,6 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 86x32x21 mm - hmotnost polotovaru 0,16kg			
	Uhlování polotovaru	750 Kč/hod	0,3 hod	225,0 Kč
	Frézování komplet	750 Kč/hod	1,3x1,9= 2,5 hod	1 875,0 Kč
	Poznámka: - čas frézování viz. příloha: A4.6			
	Ruční začištění formy	450 Kč/hod	0,15 hod	67,5 Kč

Celková cena:	2 201,1 Kč
Celkový čas:	2,95 hod

## POZ 001 V8 – příložka

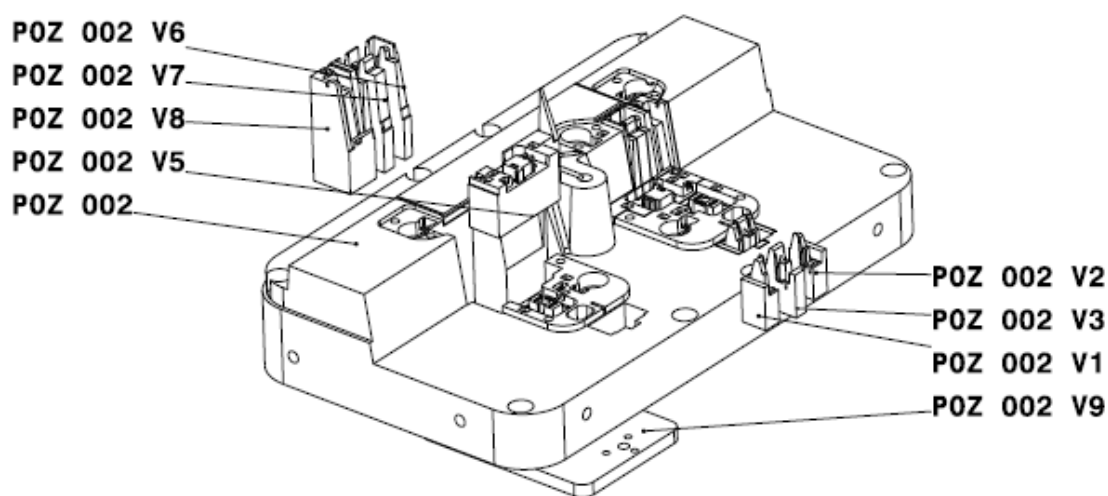
	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (Cortal T651)	210 Kč/kg	1,1 kg	321,0 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 188x133x15 mm - hmotnost polotovaru 0,16kg			
	Frézování komplet	750 Kč/hod	1 hod	750,0 Kč
	Poznámka:			

Celková cena:	1 071,0 Kč
Celkový čas:	1 hod

### 4.3.2 Vyhazovací strana

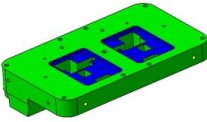
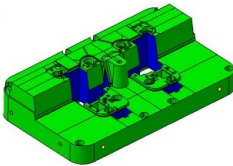
Vyhazovací strana musela být z důvodu obrábění rozdělena na sedm vložek. Díky tomu musely být do vyhazovací strany vyřezány tři otvory pro usazení těchto vložek a ze spodní strany vyfrézováno zhloubení pro příložku, která vložky kotvila.

Dále byly na vyhazovací straně dvě vložky pro lisování konektorů. Ty nebyly počítány. Zákazník si z důvodu předpokládaných změn vyžádal tyto části zavložkovat (v případě změny se vyrobí pouze náhradní vložka, což zrychlí a zjednoduší změnu v dané oblasti).



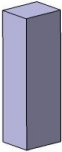
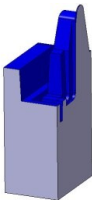
Obr. 4.8 – Vyhazovací strana formy

## POZ 002 – vtoková strana

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Frézování zadní kapsy.	750 Kč/hod	$(1,3 \times 0,25) / 2 = 0,17$ hod	127,5 Kč
	Poznámka: - čas frézování viz. příloha: A4.1 - výsledný čas je nutné dělit dvěma. Počítáme se symetrií formy a zde jsou obráběny obě kapsy zároveň.			
	Drátové řezání	650 Kč/hod	$12,15 + 2,45 = 14,6$ hod	9 460,0 Kč
	Poznámka: - délka řezu: odměřeno z CAD dat ( $303 + 135 = 438$ mm). - čas řezu při výšce 90 mm je 0,6 mm/min pro hrubování a 3 mm/min pro dokončovací řez. - čas hrubování: $438 / 0,6 = 730$ min = 12,15 hod - čas šlichtování: $438 / 3 = 143$ min = 2,45 hod			
	Ruční začištění formy	450 Kč/hod	1 hod	450,0 Kč

Celková cena:	10 037,5 Kč
Celkový čas:	17,77 hod



## POZ 002 V1 – vložka

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (Cortal T651)	210 Kč/kg	0,09 kg	19,0 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 55x27x21 mm - hmotnost polotovaru 0,09kg			
	Uhlování polotovaru	750 Kč/hod	0,3 hod	225,0 Kč
	Frézování komplet	750 Kč/hod	$1,3 \times 1,5 = 2$ hod	1 500,0 Kč
	Poznámka: - čas frézování viz. příloha: A4.7			
	Ruční začištění formy	450 Kč/hod	0,15 hod	67,5 Kč

Celková cena:	1 811,5 Kč
Celkový čas:	2,45 hod





**POZ 002 V2 – vložka**

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (Cortal T651)	210 Kč/kg	0,09 kg	19,0 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 55x27x21 mm - hmotnost polotovaru 0,09kg			
	Uhlování polotovaru	750 Kč/hod	0,3 hod	225,0 Kč
	Frézování komplet	750 Kč/hod	1,3x1,3= 1,7 hod	1 275,0 Kč
	Poznámka: - čas frézování viz. příloha: A4.8			
	Ruční začištění formy	450 Kč/hod	0,15 hod	67,5 Kč


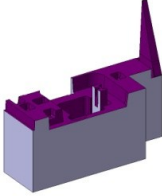
Celková cena:	1 586,5 Kč
Celkový čas:	2,15 hod

**POZ 002 V3 – vložka**

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (Cortal T651)	210 Kč/kg	0,08 kg	17,0 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 55x33x17 mm - hmotnost polotovaru 0,08kg			
	Uhlování polotovaru	750 Kč/hod	0,3 hod	225,0 Kč
	Frézování komplet	750 Kč/hod	1,3x2= 2,6 hod	1 950,0 Kč
	Poznámka: - čas frézování viz. příloha: A4.9			
	Ruční začištění formy	450 Kč/hod	0,15 hod	67,5 Kč

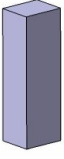
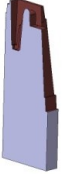
Celková cena:	2 259,5 Kč
Celkový čas:	3,05 hod

## POZ 002 V5 – vložka

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (Cortal T651)	210 Kč/kg	0,7 kg	147,0 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 93x77x36 mm - hmotnost polotovaru 0,7kg			
	Uhlování polotovaru	750 Kč/hod	0,5 hod	375,0 Kč
	Frézování komplet	750 Kč/hod	1,3x4,25= 5,5 hod	4 125,0 Kč
	Poznámka: - čas frézování viz. příloha: A4.10			
	Ruční začištění formy	450 Kč/hod	0,15 hod	67,5 Kč


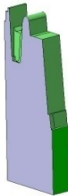
Celková cena:	4 714,5 Kč
Celkový čas:	6,15 hod

## POZ 002 V6 – vložka

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (Cortal T651)	210 Kč/kg	0,14 kg	29,4 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 92x40x14 mm - hmotnost polotovaru 0,16kg			
	Uhlování polotovaru	750 Kč/hod	0,3 hod	225,0 Kč
	Frézování komplet	750 Kč/hod	1,3x1,5= 2 hod	1 500,0 Kč
	Poznámka: - čas frézování viz. příloha: A4.11			
	Ruční začištění formy	450 Kč/hod	0,15 hod	67,5 Kč

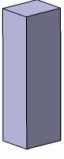
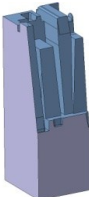
Celková cena:	1 821,9 Kč
Celkový čas:	2,45 hod

**POZ 002 V7 – vložka**

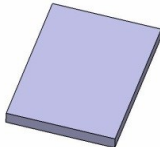

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (Cortal T651)	210 Kč/kg	0,16 kg	33,6 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 92x40x17 mm - hmotnost polotovaru 0,16kg			
	Uhlování polotovaru	750 Kč/hod	0,3 hod	225,0 Kč
	Frézování komplet	750 Kč/hod	1,3x2,15= 2,8 hod	2 100,0 Kč
	Poznámka: - čas frézování viz. příloha: A4.12			
	Ruční začištění formy	450 Kč/hod	0,15 hod	67,5 Kč

Celková cena:	2 426,1 Kč
Celkový čas:	3,25 hod

**POZ 002 V8 – vložka**

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (Cortal T651)	210 Kč/kg	0,35 kg	73,5 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 92x40x36 mm - hmotnost polotovaru 0,35kg			
	Uhlování polotovaru	750 Kč/hod	0,3 hod	225,0 Kč
	Frézování komplet	750 Kč/hod	1,3x9,5= 12,35 hod	9 262,0 Kč
	Poznámka: - čas frézování viz. příloha: A4.13			
	Ruční začištění formy	450 Kč/hod	0,15 hod	67,5 Kč

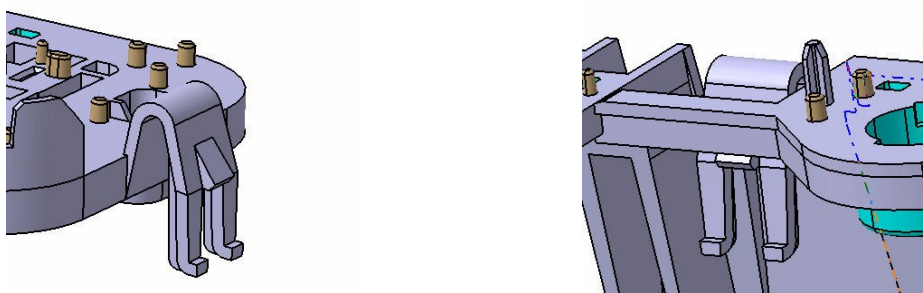
Celková cena:	9 628,0 Kč
Celkový čas:	12,8 hod

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (Cortal T651)	210 Kč/kg	1,1 kg	321,0 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 188x133x15 mm - hmotnost polotovaru 0,16kg			
	Frézování komplet	750 Kč/hod	1,5 hod	1 125,0 Kč
	Poznámka:			

#### 4.4 Zhodnocení

Zavložkování formy umožňuje výrobu formy obráběním, ale přináší i jisté zápory. Je nutné dokonalé slícování vložek. Ty je nutné přesně lícovat tak, aby mezera byla minimální. I přesto jsou na plastovém výlisku viditelné stopy po vložkování, v horším případě jsou na díle otřepy a přetoky. Ty je nutné ořezat. Vznikají tak pohledové vady a další náklady spojené s úpravou.

Na dílu nosiče žárovek vznikají otřepy v oblasti vložkování – funkční oblast klipů. Ty musí být ořezány. Vznikají tak další náklady, konkrétně 10 Kč na jednu sadu dílů (levý a pravý díl).



Obr. 4.9 – Oblast klipů, která musela být ořezána

Výše uvedené náklady se nezapočítávají do celkových nákladů na formu. Při jakékoli technologii obrábění formy vzniká riziko vzniku přetoků. U hliníkové prototypové formy je riziko mnohem větší. Hliník je měkký materiál a forma je náchylná na otlaky, naražení hran a další vady, které mohou způsobit přetoky. Je pak diskutabilní, zda přetoky na formě vznikly špatnou volbou technologie, špatným slícováním nebo neopatrností nástrojaře.

Celkové náklady související s úpravou formy kvůli obrábění nepřístupných míst jsou uvedeny v následující tabulce č. 4.1.

Tab. č. 4.1 – Celkové náklady obrábění formy

Operace	Cena pravé strany	Cena obou stran
Vtoková strana	31 917 Kč	63 834 Kč
Vyhazovací strana	35 731 Kč	71 463 Kč
Slícování vložek	5 hod x 450Kč = 2 250 Kč	4 500 Kč
Celková cena	69 898 Kč	139 796 Kč
Celkový čas	101,42 hod	202,84 hod

## 5 Navrhované řešení formy - hloubení

### 5.1 Konstrukce formy pro hloubení

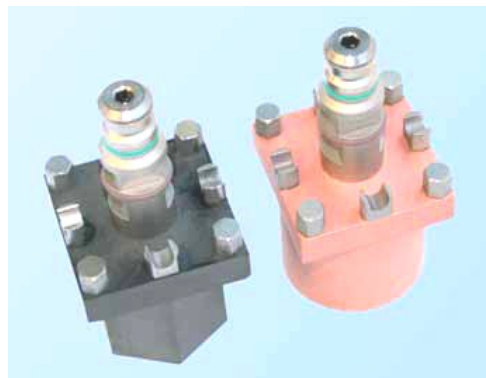
Při předpokladu elektroerozivního obrábění se může vtoková i vyhazovací strana vyrobit z jednoho kusu. Místa, která nebylo možno obrobit a bylo nutné je zavložkovat, se nyní obrobí do takové míry, kterou umožní technologie obrábění. Zbýlý materiál se odebere pomocí elektroerozivního obrábění. Odpadá tak nutnost výroby jednotlivých vložek, nutnost lícovat vložky a eliminuje se vznik otřepů na plastovém výlisku.

### 5.2 Technické možnosti při výrobě formy

#### 5.2.1 Držáky

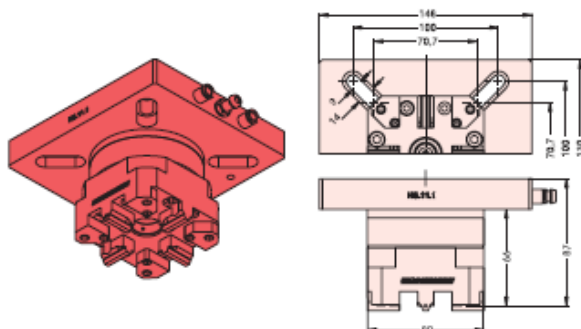
Výraznou úsporu času při hloubení přináší speciální upínací systémy pro elektroerozivní hloubičky. Starší metoda upínání elektrod spočívá v obrobení elektrody, která se následně přilepí, popřípadě přišroubuje k držáku elektrody. Takto připevněnou elektrodu je nutné ručně ustavit do správné polohy vůči obrobku. To znamená, že dojde k najetí nulového bodu elektrody na dotyk s obrobkem ve všech třech osách. Tím je vnášena do hloubení nepřesnost vzniklá najetím elektrody a prodlužuje se tak čas hloubení.

Tento problém řeší speciální systémy pro elektroerozivní hloubičky. Princip spočívá ve využití sjednoceného upínání při obrábění, měření a samotném hloubení. Menší elektrody jsou upnuty do speciálních držáků, větší elektrody jsou vybaveny středícími a upínacími prvky, nebo jsou středící elementy na elektrodě obrobены přímo.

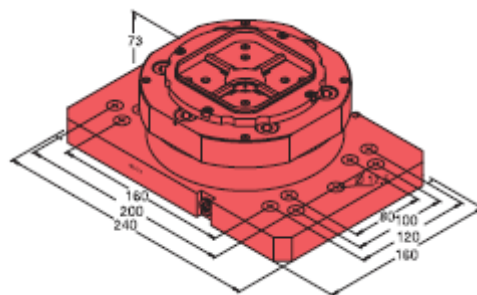


Obr. 5.1 – Upínací systém 5000 od firmy Penta trading, s.r.o. [7]

Takto vybavená elektroda je při obrábění upnuta do držáku, který je totožný s držáky na měřicím zařízení a elektroerozivním stroji. Je tak přesně definována absolutní nula, která je totožná pro všechny operace.



Obr. 5.2 – Upínač v EDM stroji [7]



Obr. 5.3 – Upínač palet v CNC stroji [7]

Hlavní výhody používání speciálních upínačů:

- příprava výroby, když stroj pracuje
- samotné upnutí na stroj během několika sekund
- zamezení sčítání chyb při přechodu obrobku ze stroje na stroj
- zvýšení pružnosti výroby (rychlé přerušení práce pro měření)

Hlavní nevýhody používání speciálních upínačů:

- vyšší pořizovací náklady pro pořízení systému

Vlastnosti speciálních upínačů:

- opakovatelná přesnost upnutí 0,002 mm
- manuální a automatická výměna
- možnost otáčení po 4 x 90°
- integrovaná reference v X, Y a Z-osách
- nosnost pro elektrody a obrobky do 100 kg
- nerezové provedení, stálá přesnost
- stabilní, odolné proti nárazu a znečištění
- využití na hloubičkách, drátovkách, HSC-frézkách, soustruzích, bruskách, vrtačkách, měřicích strojích atd.
- odolné proti teplotním změnám (středicí kříž je stále ve středu)

### 5.2.2 Výpočet času

Výpočet času potřebného pro hloubení formy je složitá věc, kterou ovlivňuje řada faktorů. Nejdůležitějšími faktory jsou objem odebíraného materiálu, obráběná plocha, kvalita obráběné plochy, typ stroje a jeho parametry. Parametry obrobku i nástroje je možno snadno spočítat, problém je u parametrů stroje. Parametry jako proud, napětí, čas impulzů a frekvence jsou zakódovány v systému stroje, jsou pro každý stroj jiné a jako k „know-how“ výrobce se k nim nelze dostat. Obsluha stroje zadává pouze typ materiálu, operaci hloubení (šlichtování, hrubování,...), materiál elektrody, a stroj si sám stanoví požadované parametry.

Z tohoto důvodu se v této diplomové práci výpočet času hloubení neprovádí. Čas hloubení bude stanoven na základě zkušeností dvou nezávislých operátorů elektroerozivních strojů, kteří na základě CAD dat obrobku a elektrody odhadnou čas hloubení.

### 5.3 Technicko-ekonomický rozbor operací

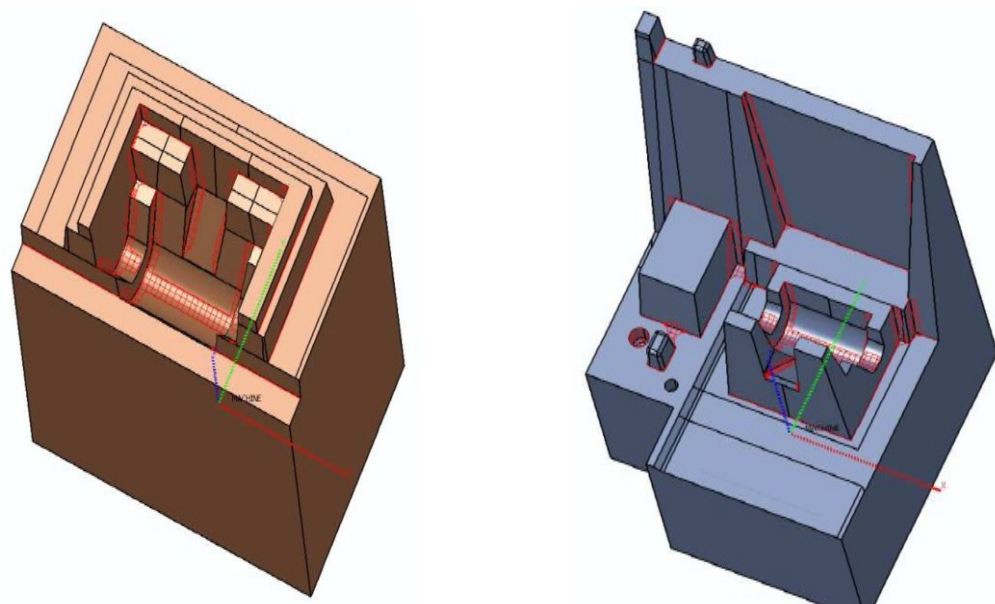
Parametry pro jednotlivé operace činí:

- 3osé frézování – 750 Kč/hod
- opravný koeficient CAM/obrábění – 1,3, tento koeficient je průměrná hodnota vzniklá poměrem času vypočteného v CAM systému a reálného strojního času, touto hodnou jsou proto násobeny všechny časy, jelikož jsou k dispozici pouze časy vypočítané CAM systémem
- elektroerozivní hloubička – 700 Kč/hod
- nástrojařské práce – 450 Kč/hod
- cena mědi pro elektroerozivní obrábění – 268 Kč bez DPH/kg (katalogová cena společnosti VALSTEEL a.s., Hemy 861, 757 01 Valašské Meziříčí, včetně přířezu polotovaru)



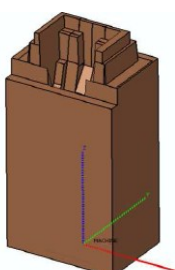
### 5.3.1 Vtoková strana

Vtoková strana je obrobena z jednoho kusu. V kritických místech, kde nebylo možné obrábět, se musí hloubit. Zbytkový materiál v obou oblastech je zobrazen v následujícím obrázku č. 5.4.



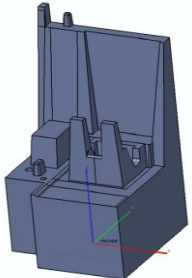
Obr. 5.4 – Zbytkový materiál v kritických oblastech na vtokové straně

#### Vtoková strana – Obrábění 1

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Frézování	750 Kč/hod	$1,3 \times 0,55 = 0,7$ hod	520,0 Kč
Poznámka: - čas frézování viz. Příloha: A5.1				

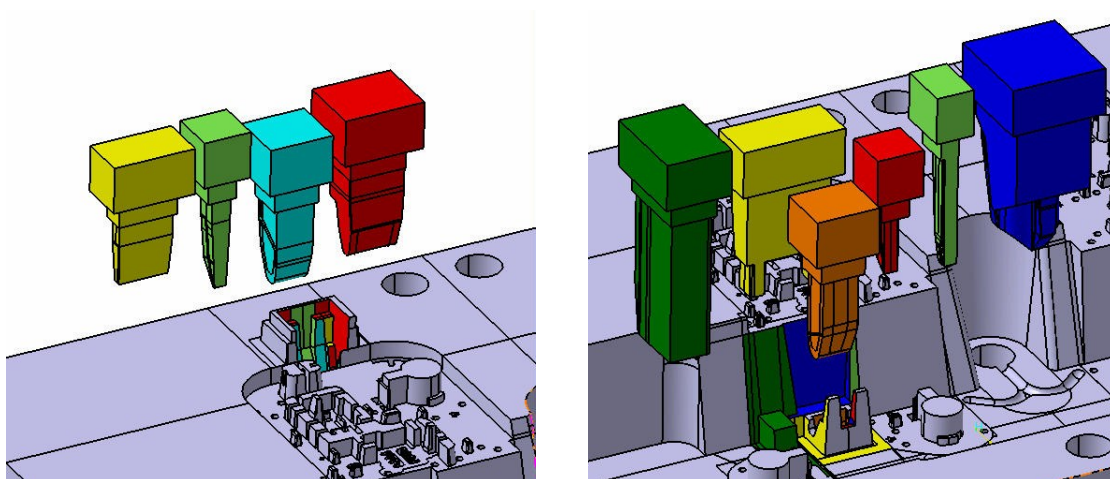
Celková cena:	520,0 Kč
Celkový čas:	0,7 hod

## Vtoková strana – Obrábění 2

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Frézování	750 Kč/hod	$1,3 \times 0,85 = 1,1$ hod	825,0 Kč
Poznámka: - čas frézování viz. Příloha: A5.2				

Celková cena:	825,0 Kč
Celkový čas:	1,1 hod

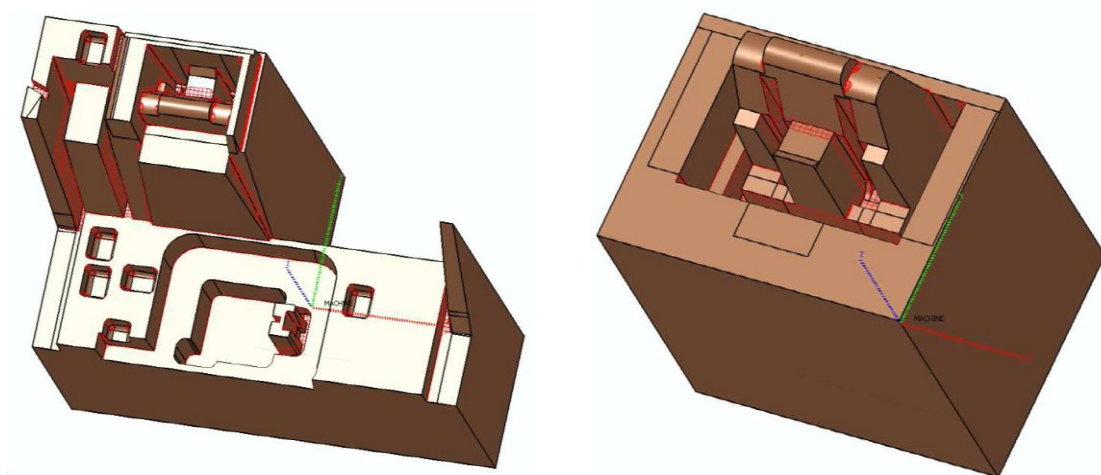
Tento zbytkový materiál je nutné odebrat elektroerozivním obráběním. V první části bylo nutné použít čtyři elektrody, v druhé části šest elektrod.



Obr. 5.5 – Elektrody nutné pro obrobení vtokové strany

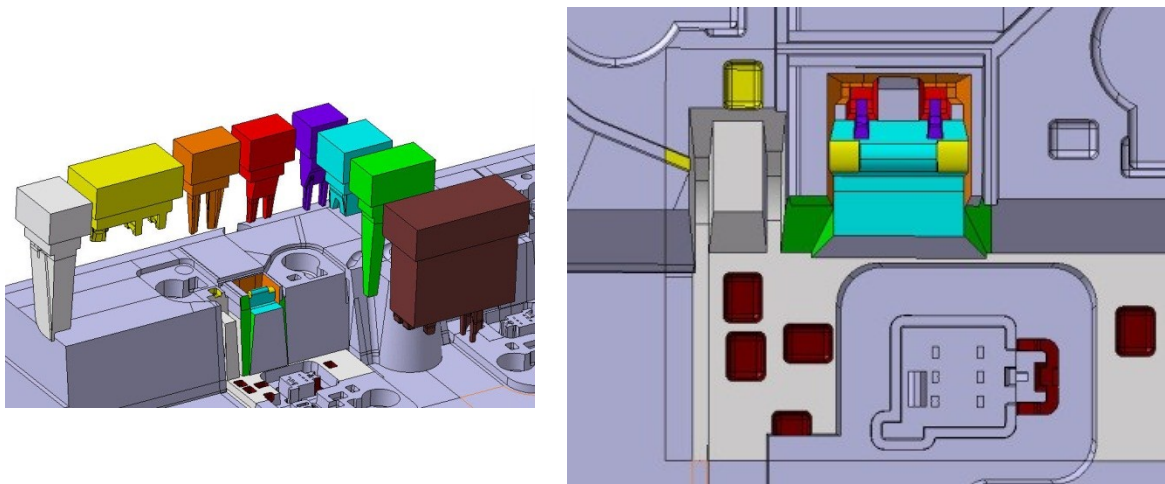
### 5.3.2 Vyhazovací strana

Vyhazovací strana je obrobena z jednoho kusu. V kritických místech, kde nebylo možné obrábět, se musí hloubit. Zbytkový materiál v obou oblastech je zobrazen v následujícím obrázku č. 5.6.

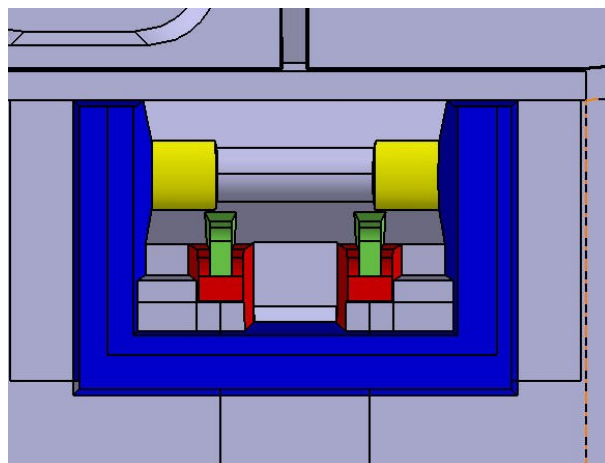
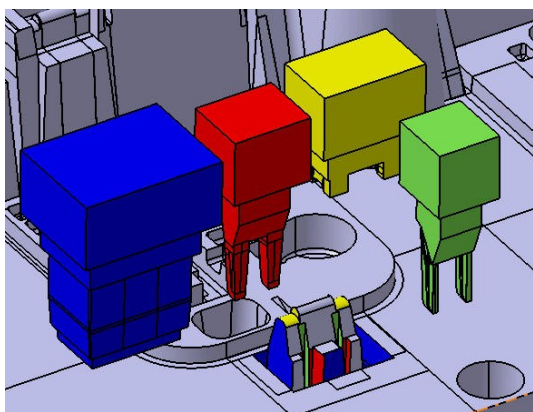


Obr. 5.6 – Zbytkový materiál v kritických oblastech na vyhazovací straně

Tento zbytkový materiál je nutné odebrat elektroerozivním obráběním. V první části bylo nutné použít osm elektrod, v druhé části čtyři elektrody.

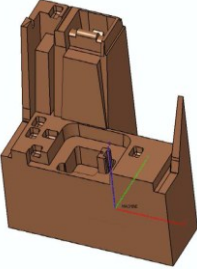


Obr. 5.7 – Elektrody nutné pro obrobení vyhazovací strany – část 1



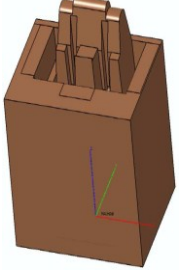
Obr. 5.8 – Elektrody nutné pro obrobení vyhazovací strany – část 2

### Vyhazovací strana – Obrábění 1

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Frézování	750 Kč/hod	$1,3 \times 1,5 = 1,95$ hod	1 462,5 Kč
Poznámka: - čas frézování viz. Příloha: A5.3				

Celková cena:	1 462,5 Kč
Celkový čas:	1,95 hod

### Vyhazovací strana – Obrábění 2

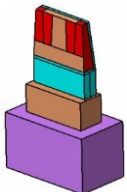
	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Frézování	750 Kč/hod	$1,3 \times 0,5 = 0,65$ hod	487,5 Kč
Poznámka: - čas frézování viz. Příloha: A5.4				

Celková cena:	487,5 Kč
Celkový čas:	0,65 hod

### 5.3.3 Elektrody


V následujících tabulkách je proveden výpočet ceny a času elektrod. U každé elektrody je spočítána cena materiálu a cena za hloubení. Cena za obrábění je stanovena pro všechny elektrody současně. Je to z důvodu jednoduššího programování v CAM systému, kdy je možné obrobit elektrody v jednom bloku, na rozdíl od složitějšího programování každé elektrody zvlášť.

#### Vtoková strana – Elektroda 1

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (měď)	268 Kč/kg	0,36 kg	96,5 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 58x35x20 mm - hmotnost polotovaru 0,36kg			
	Hloubení	700 Kč/hod	0,6 hod	420,0 Kč


Celková cena:	516,5 Kč
Celkový čas:	0,6 hod

#### Vtoková strana – Elektroda 2

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (měď)	268 Kč/kg	0,25 kg	67,0 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 69x20x20 mm - hmotnost polotovaru 0,25kg			
	Hloubení	700 Kč/hod	0,5 hod	350,0 Kč

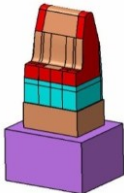
Celková cena:	417,0 Kč
Celkový čas:	0,5 hod

### Vtoková strana – Elektroda 3

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (měď)	268 Kč/kg	0,39 kg	104,5 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 67x27x24 mm - hmotnost polotovaru 0,39kg			
	Hloubení	700 Kč/hod	0,6 hod	420,0 Kč

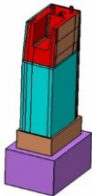
Celková cena:	524,5 Kč
Celkový čas:	0,6 hod

### Vtoková strana – Elektroda 4

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (měď)	268 Kč/kg	0,57 kg	152,7 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 67x37x28 mm - hmotnost polotovaru 0,57kg			
	Hloubení	700 Kč/hod	0,6 hod	420,0 Kč

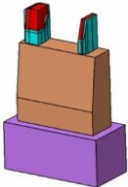
Celková cena:	572,7 Kč
Celkový čas:	0,6 hod

### Vtoková strana – Elektroda 5

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (měď)	268 Kč/kg	0,95 kg	254,6 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 97x40x27 mm - hmotnost polotovaru 0,95kg			
	Hloubení	700 Kč/hod	0,7 hod	210,0 Kč


Celková cena:	490,0 Kč
Celkový čas:	0,7 hod

### Vtoková strana – Elektroda 6

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (měď)	268 Kč/kg	0,58 kg	155,0 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 70x44x21 mm - hmotnost polotovaru 0,58kg			
	Hloubení	700 Kč/hod	0,5 hod	350,0 Kč


Celková cena:	505,0 Kč
Celkový čas:	0,5 hod

### Vtoková strana – Elektroda 7

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (měď)	268 Kč/kg	0,4 kg	107,0 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 70x27x24 mm - hmotnost polotovaru 0,4kg			
	Hloubení	700 Kč/hod	0,6 hod	420,0 Kč

Celková cena:	527,0 Kč
Celkový čas:	0,6 hod

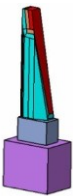
### Vtoková strana – Elektroda 8

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (měď)	268 Kč/kg	0,2 kg	53,6 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 58x20x20 mm - hmotnost polotovaru 0,2kg			
	Hloubení	700 Kč/hod	0,4 hod	280,0 Kč

Celková cena:	333,6 Kč
Celkový čas:	0,4 hod




### Vtoková strana – Elektroda 9

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (měď)	268 Kč/kg	0,25 kg	67,0 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 78x24x16 mm - hmotnost polotovaru 0,25kg			
	Hloubení	700 Kč/hod	0,5hod	350,0 Kč


Celková cena:	417,0 Kč
Celkový čas:	0,5 hod

### Vtoková strana – Elektroda 10

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (měď)	268 Kč/kg	1,25 kg	335,0 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 84x42x40 mm - hmotnost polotovaru 1,25kg			
	Hloubení	700 Kč/hod	0,6 hod	420,0 Kč

Celková cena:	755,0 Kč
Celkový čas:	0,6 hod

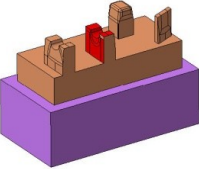
### Vyhazovací strana – Elektroda 1

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (měď)	268 Kč/kg	0,77 kg	206,0 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 88x35x28 mm - hmotnost polotovaru 0,77kg			
	Hloubení	700 Kč/hod	1 hod	700,0 Kč

Celková cena:	906,0 Kč
Celkový čas:	1 hod

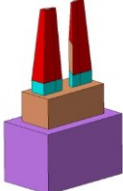


## Vyhazovací strana – Elektroda 2

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (měď)	268 Kč/kg	0,6 kg	160,8 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 42x58x30 mm - hmotnost polotovaru 0,6kg			
	Hloubení	700 Kč/hod	0,4 hod	280,0 Kč

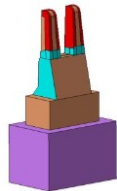
Celková cena:	440,8 Kč
Celkový čas:	0,4 hod

## Vyhazovací strana – Elektroda 3

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (měď)	268 Kč/kg	0,33 kg	88,4 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 58x32x20 mm - hmotnost polotovaru 0,33kg			
	Hloubení	700 Kč/hod	0,5 hod	350,0 Kč


Celková cena:	438,4 Kč
Celkový čas:	0,5 hod

## Vyhazovací strana – Elektroda 4

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (měď)	268 Kč/kg	0,32 kg	85,8 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 60x30x20 mm - hmotnost polotovaru 0,32kg			
	Hloubení	700 Kč/hod	0,5 hod	350,0 Kč


Celková cena:	435,8 Kč
Celkový čas:	0,5 hod

### Vyhazovací strana – Elektroda 5

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (měď)	268 Kč/kg	0,25 kg	67,0 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 60x24x20 mm - hmotnost polotovaru 0,25kg			
	Hloubení	700 Kč/hod	0,6 hod	420,0 Kč

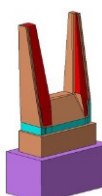
Celková cena:	487,0 Kč
Celkový čas:	0,6 hod

### Vyhazovací strana – Elektroda 6

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (měď)	268 Kč/kg	0,38 kg	101,8 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 48x32x28 mm - hmotnost polotovaru 0,38kg			
	Hloubení	700 Kč/hod	0,6 hod	420,0 Kč

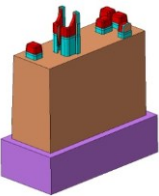
Celková cena:	521,8 Kč
Celkový čas:	0,6 hod

### Vyhazovací strana – Elektroda 7

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (měď)	268 Kč/kg	0,7 kg	187,6 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 82x42x22 mm - hmotnost polotovaru 0,7kg			
	Hloubení	700 Kč/hod	0,4 hod	280,0 Kč

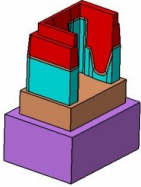
Celková cena:	467,6 Kč
Celkový čas:	0,4 hod

### Vyhazovací strana – Elektroda 8

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (měď)	268 Kč/kg	2 kg	536,0 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 88x75x35 mm - hmotnost polotovaru 2kg			
	Hloubení	700 Kč/hod	0,7	490,0 Kč


Celková cena:	1 026,0 Kč
Celkový čas:	0,7 hod

### Vyhazovací strana – Elektroda 9

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (měď)	268 Kč/kg	0,75 kg	201,0 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 60x43x33 mm - hmotnost polotovaru 0,75kg			
	Hloubení	700 Kč/hod	1 hod	700,0 Kč


Celková cena:	901,0 Kč
Celkový čas:	1 hod

### Vyhazovací strana – Elektroda 10

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (měď)	268 Kč/kg	0,24 kg	64,0 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 56x24x20 mm - hmotnost polotovaru 0,24kg			
	Hloubení	700 Kč/hod	0,4 hod	280,0 Kč

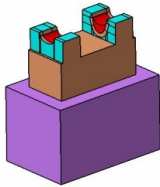
Celková cena:	344,0 Kč
Celkový čas:	0,4 hod

## Vyhazovací strana – Elektroda 11

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (měď)	268 Kč/kg	0,2 kg	53,6 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 56x20x20 mm - hmotnost polotovaru 0,2kg			
	Hloubení	700 Kč/hod	0,4 hod	280,0 Kč

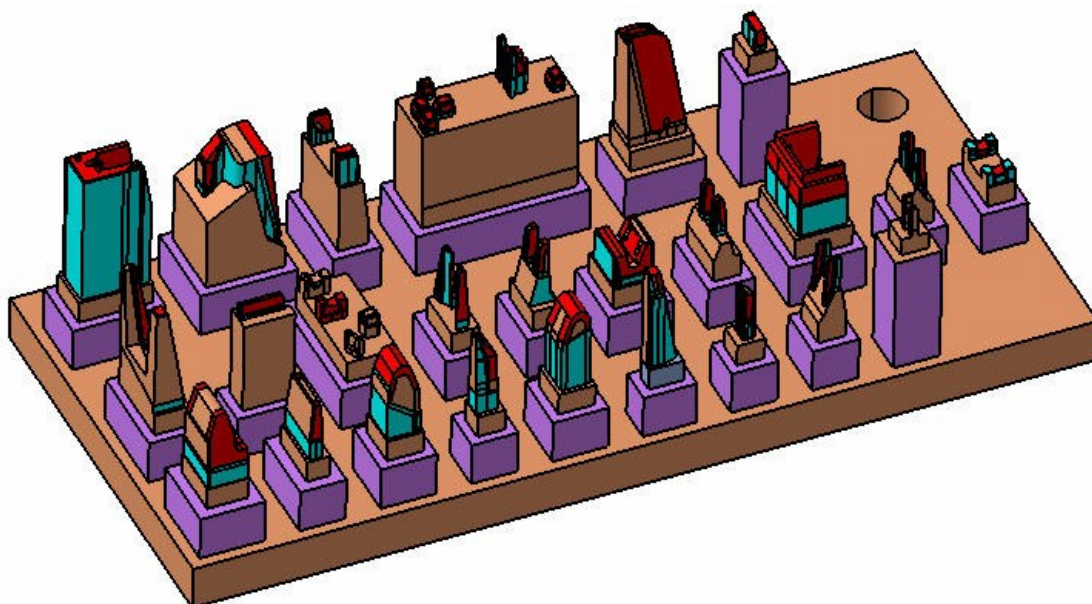
Celková cena:	333,6 Kč
Celkový čas:	0,4 hod

## Vyhazovací strana – Elektroda 12

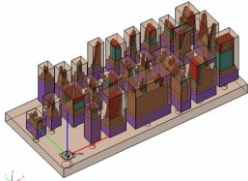
	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Materiál (měď)	268 Kč/kg	0,2 kg	53,6 Kč
	Poznámka: - velikost polotovaru 36x32x20 mm - hmotnost polotovaru 0,2kg			
	Hloubení	700 Kč/hod	0,6 hod	420,0 Kč

Celková cena:	473,6 Kč
Celkový čas:	0,6 hod

## Obrábění – všechny elektrody současně



Obr. 5.9 – Rozložení elektrod pro obrábění v CAM systému

	Operace:	Jednotková cena:	Počet:	Cena za operaci:
	Frézování	750 Kč/hod	1,3x4= 5,2 hod	3 900,0 Kč
	Poznámka: - čas frézování viz. Příloha: A5.5			

Celková cena:	3 900,0 Kč
Celkový čas:	5,2 hod

## 5.4 Zhodnocení

V následující tabulce č. 5.1 je proveden součet cen a součet časů jednotlivých operací souvisejících s elektroerozivním obráběním formy. Tyto součty cen a součty časů jsou následně vynásobeny hodnotou 2 pro získání výše celkových nákladů.

Tab. č. 5.1 – Ekonomické a časové zhodnocení výroby formy hloubením

Operace	Cena pravá strana	Čas pravá strana	Cena obě strany	Čas obě strany
Vtoková strana - obrábění	1 345 Kč	1,8 hod	1 690 Kč	3,6 hod
Vyhazovací strana - obrábění	1 950 Kč	2,6 hod	3 900 Kč	5,2 hod
Elektrody vtoková strana – materiál a hloubení	5 058,3 Kč	5,6 hod	10 116,6 Kč	11,2 hod
Elektrody vyhazovací strana – materiál a hloubení	6 775,6 Kč	7,3 hod	13 551,2 Kč	14,6 hod
Elektrody - obrábění	3 900 Kč	5,2 hod	7 800 Kč	10,4 hod
Celkově	19 028,9 Kč	22,5 hod	38 057,8 Kč	45 hod

## 6 Závěr

Z dosažených výsledků diplomové práce „Ekonomické porovnání technologie výroby otvorů hloubením a frézováním“ vyplývají tyto závěry:

- a) Zavedené předsudky, že obrábění za jakoukoliv cenu vyjde levněji než hloubení, neplatí. Z výsledků diplomové práce vyplývá, že u formy pro díl nosič žárovek bylo možné výrazně uspořit díky hloubení. Celkové úspory jsou vyčísleny v následující tabulce č. 6.1.

Tab. č. 6.1 – Celkové porovnání obrábění a hloubení formy

Operace	Cena	Čas
Výroba formy dělením a obráběním vložek (viz tab. č. 4.1)	139 796,0 Kč	202,84 hod
Výroba formy za pomoci hloubení v kritických místech (viz tab. č. 5.1)	38 057,8 Kč	45,00 hod
Rozdíl	101 738,2 Kč	157,84 hod

Z tabulky č. 6.1 vyplývá, že byla zvolena špatná technologie. Použití hloubení přináší výrazné finanční i časové úspory, konkrétně 101 738,2 Kč finančních úspor a 157,84 hodin úspor časových.

Další výraznou výhodou hloubení je kvalita povrchu dílu. Díky jednotnému povrchu formy nebudou na díle patrné stopy po dělení formy. Snižuje se riziko přetoků a dalších povrchových vad.

- b) Výsledky diplomové práce se dají aplikovat pouze pro formu na díl nosič žárovek. Rozhodně nepotvrzují pravidlo, že hloubení přináší ekonomický přínos. Každá forma je specifická a musí se k ní tak přistupovat. Z výsledků práce vyplývá, že se vyplatí před započítáním výroby porovnat technologie kompletního obrábění s technologií hloubení. Krátký technologický rozbor může přinést značné ekonomické a časové úspory, což je rozhodující při stanovení ceny formy a pro získání zakázky.
- c) Hloubení je moderní technologie, která přináší do výroby forem nové možnosti. Je špatné soustředit se pouze na obrábění. V dnešní hektické době je nutné hledat

prostředky, které jsou schopny uspořít finance i čas. Elektroerozivní obrábění rozhodně k takovým technologiím obrábění patří.

- d) Stanovit obecná pravidla pro používání elektroerozivního obrábění by bylo možné pouze v případě shodných nebo podobných plastových výlisků a následně i forem pro tyto díly. Prototypová výroba ve světelné technice je ovšem natolik rozmanitá, že se podobné díly téměř nevyskytují. Každá další forma má rozdílné tvary a specifika a je nutné posoudit volbu vhodné technologie zvlášť.
- e) Důležité pro správné využití technologie elektroerozivního obrábění a pro jeho ekonomický a časový přínos je najít kompromis mezi obráběním a následným hloubením. Použití nástrojů menších průměrů nám prodlužuje čas obrábění. Snižuje ale objem zbytkového materiálu a tím snižuje i čas hloubení.

Při obrábění formy nosič žárovek byla při obrábění použita minimální fréza o průměru 3 mm a rohovém rádiu  $R\ 0,2\text{ mm}$ . Při použití menších nástrojů výrazně narostl čas nutný pro obrábění nepoměrně k úbytku zbytkového materiálu a doby hloubení.

## Použitá literatura

### a) Knihy, skripta a normy

- [1] DESCOEUDRES, A. *Characterization of electrical discharge machining plasma*. [online], Lausanne: EPFL, 2006. [cit. 2008-04-24]. Dostupné z WWW:<[http://biblion.epfl.ch/EPFL/theses/2006/3542/EPFL\\_TH3542.pdf](http://biblion.epfl.ch/EPFL/theses/2006/3542/EPFL_TH3542.pdf)>.
- [2] BARCAL, J. *Nekonvenční metody obrábění*. Skripta FS ČVUT. Praha: Ediční středisko ČVUT, 1989.
- [3] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 1. díl*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007, 126. s. ISBN 978–80–248–1641–8.
- [4] ČEP, R.; BRYCHTA, J.; SADÍLEK, M.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2007. 251. s. ISBN 978–80–248–1505–3.
- [5] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábání*. 1. vyd. Žilina: Žilinská univerzita v Žilíně, EDIS, 2007. 343 s. ISBN 978–80–8070–711–8.
- [6] VASILKO, K.; HAVRILA, M.; MARCINCIN-NOVÁK, J.; MÁDL, J.; ZAJAC, J. *Top trendy v obrábění, III. část – Technologie obrábění*. Žilina: Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 214 s. ISBN 80–968954–2–7.
- [7] ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
- [8] ČSN ISO 5966 *Dokumentace. Formální úprava vědeckých a technických zpráv*. Praha: Český normalizační institut, leden 1996. 31 s.
- [9] ČSN ISO 7144 *Dokumentace. Formální úprava disertací a podobných dokumentů*. Praha: Český normalizační institut, březen 1997. 21 s.
- [10] ČSN ISO 31-0 *Veličiny a jednotky. Část 0: Všeobecné zásady*. Praha: Český normalizační institut, prosinec 1994. 24 s.
- [11] ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.
- [12] Petruželka, J. *Ročníkový projekt. Jak psát bakalářskou práci*. [online]. Ostrava: VŠB-TUO, FS, poslední aktualizace 21. 10. 2006 [cit. 2007-04-10]. Dostupný z www: <URL: <http://www.345.vsb.cz/jiripetruzelka/Texty/Jak%20psat.pdf>>.



## **b) Internetové stránky**

[13] *AUFEER DESIGN* [online]. [cit. 2012-05-01]. Specializované týmy. Dostupný z WWW: <<http://www.aufeerdesign.cz/cz/stranka/design.html>>.

[14] *MM Průmyslové spektrum* [online]. [cit. 2011-05-01]. Nekonvenční metody obrábění 9. díl. Dostupný z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/nekonvencni-metody-obrabeni-9-dil.html>>.

[15] *MCAE Systems* [online]. [cit. 2011-05-08]. Vakuové lití. Dostupný z WWW: <<http://www.mcae.cz/vakuove-liti>>.

[16] *SubsTech* [online]. [cit. 2011-05-08]. Termoforming. Dostupný z WWW: <<http://www.osobniprodej.cz/>>.

[17] *Penta-EDM.cz* [online]. [cit. 2012-05-08]. Upínací systém 5000 pro elektroerozivní hloubičky. Dostupný z WWW: <<http://www.penta-edm.cz/dokumenty/upinani/sys5000cz.pdf>>.

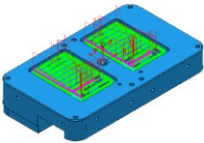
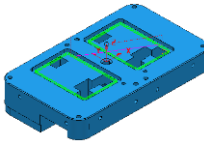
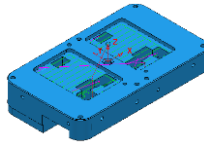
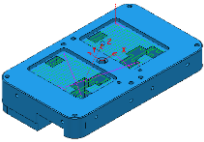
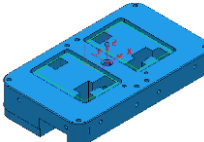
## Seznam příloh

<b>A4</b>	<b>PŘÍLOHY KAPITOLY 4</b>	<b>75</b>
A4.1	KOMPLETNÍ CAM VÝPIS – VTOKOVÁ STRANA POZICE 001	75
A4.2	KOMPLETNÍ CAM VÝPIS – VTOKOVÁ STRANA POZICE 001 V1	76
A4.3	STRUČNÝ CAM VÝPIS – VTOKOVÁ STRANA POZICE 001 V2	78
A4.4	STRUČNÝ CAM VÝPIS – VTOKOVÁ STRANA POZICE 001 V3	78
A4.5	STRUČNÝ CAM VÝPIS – VTOKOVÁ STRANA POZICE 001 V4	79
A4.6	STRUČNÝ CAM VÝPIS – VTOKOVÁ STRANA POZICE 001 V5	79
A4.7	STRUČNÝ CAM VÝPIS – VYHAZOVACÍ STRANA POZICE 002 V1	80
A4.8	STRUČNÝ CAM VÝPIS – VYHAZOVACÍ STRANA POZICE 002 V2	80
A4.9	STRUČNÝ CAM VÝPIS – VYHAZOVACÍ STRANA POZICE 002 V3	81
A4.10	STRUČNÝ CAM VÝPIS – VYHAZOVACÍ STRANA POZICE 002 V5	81
A4.11	STRUČNÝ CAM VÝPIS – VYHAZOVACÍ STRANA POZICE 002 V6	82
A4.12	STRUČNÝ CAM VÝPIS – VYHAZOVACÍ STRANA POZICE 002 V7	82
A4.13	STRUČNÝ CAM VÝPIS – VYHAZOVACÍ STRANA POZICE 002 V8	83
<b>A5</b>	<b>PŘÍLOHY KAPITOLY 5</b>	<b>84</b>
A5.1	STRUČNÝ CAM VÝPIS – VTOKOVÁ STRANA – OBRÁBĚNÍ 1	84
A5.2	STRUČNÝ CAM VÝPIS – VTOKOVÁ STRANA – OBRÁBĚNÍ 2	85
A5.3	STRUČNÝ CAM VÝPIS – VYHAZOVACÍ STRANA – OBRÁBĚNÍ 1	86
A5.4	STRUČNÝ CAM VÝPIS – VYHAZOVACÍ STRANA – OBRÁBĚNÍ 2	87
A5.5	STRUČNÝ CAM VÝPIS – OBRÁBĚNÍ – VŠECHNY ELEKTRODY SOUČASNĚ	88


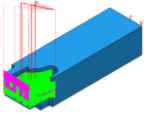
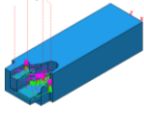
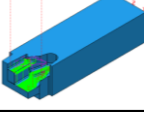
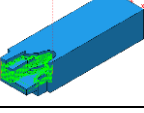
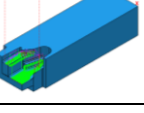
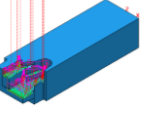
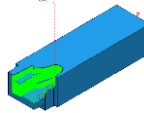


## **Přílohy**

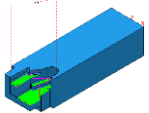
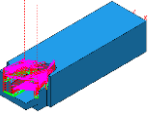
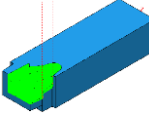
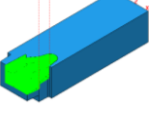
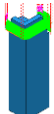
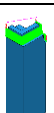
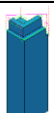
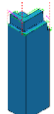


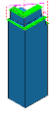


## A4 Přílohy kapitoly 4

### A4.1 Kompletní CAM výpis – Vtoková strana Pozice 001

Project	Vtokova strana Pozice 001			
Programátor	CAM			
Celkový čas projektu	15 min			
Dráhy nástroje	Program / Poznámky	Strategie / Hloubka přísuvu / Přídavek stěna / Přídavek dno	Nástroj	
	VT-001-1-01	Hrubování rastrem	Typ	Freza-D20-R2- RYCHLOSTNI-AL
		0,5	Průměr	20
		0,25	Průměr rádiusu	2
			Vyložení	82
			Číslo	65
	VT-001-1-02	Konstantní Z	Typ	Freza-D20-AL
		2,5	Průměr	20
		0	Průměr rádiusu	
			Vyložení	50
			Číslo	16
	VT-001-1-03	Plochy rastr	Typ	Freza-D20-AL
			Průměr	20
		0,1	Průměr rádiusu	
			Vyložení	50
			Číslo	16
	VT-001-1-06	Obrábění plochy	Typ	Freza-D12-R0,4-SECO
			Průměr	11,9
		0	Průměr rádiusu	0,4
			Vyložení	41
			Číslo	17
	VT-001-1-07	Profil	Typ	Odjehl.-D21-hl.2.5-Pramet
			Průměr	21
		-0,3	Průměr rádiusu	0,01
		0	Vyložení	0
			Číslo	14

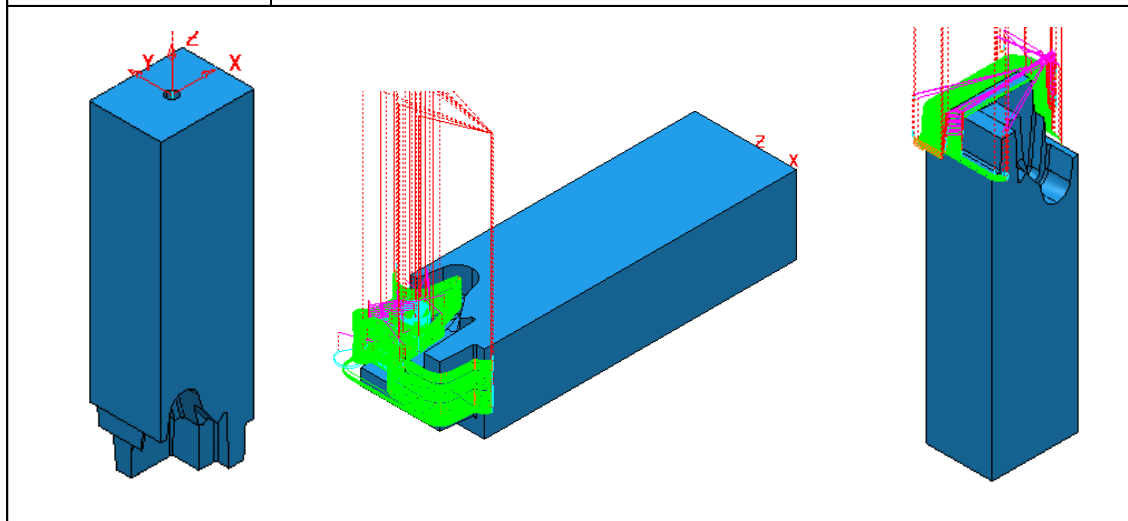
## A4.2 Kompletní CAM výpis – Vtoková strana Pozice 001 V1

Project	Vtokova strana Vlozka 1R			
Programátor	CAM			
Celkový čas projektu	3:08:05			
Dráhy nástroje	Program / Poznámky	Strategie / Hloubka přisuvu / Přídavek stěna / Přídavek dno	Nástroj	
	VT-1R-1-01	Vrtání	Typ	Navrt.-D6-120.st.
		0	Průměr	6
		0	Průměr rádiusu	0
		0	Vyložení	0
	VT-1R-1-02	Číslo		12
		Vrtání	Typ	Vrtak-D3,3
		0	Průměr	3,3
		0	Průměr rádiusu	
	VT-1R-1-03	0	Vyložení	0
		0	Číslo	22
		Vrtání	Typ	Zavitník-M4
		0	Průměr	4
	VT-1R-2-04 Kus ustav dle obrázku.Úpni za max.8mm.Nula je na osách Y a Z uprostřed kusu a vpravo na ploše.	Hrubování rastrem	Typ	Freza-D6-AL
		0,25	Průměr	6
		0,25	Průměr rádiusu	
			Vyložení	27
	VT-1R-2-05	Číslo		354
		Hrubování rastrem	Typ	Freza-D4-AL
		0,15	Průměr	4
		0,25	Průměr rádiusu	
	VT-1R-2-06		Vyložení	26
			Číslo	334
		Rastr	Typ	Freza-D4-AL
		0,25	Průměr	4
	VT-1R-2-07	0,25	Průměr rádiusu	
			Vyložení	26
			Číslo	334
		Konstantní Z	Typ	Freza-D4-AL
	VT-1R-2-08	0,36	Průměr	4
		0,1	Průměr rádiusu	
			Vyložení	26
			Číslo	334
	VT-1R-2-09	Rastr	Typ	Freza-D4-AL
		0,1	Průměr	4
			Průměr rádiusu	
			Vyložení	26
	VT-1R-2-10		Číslo	334
		Hrubování offsetem	Typ	Freza-D2-AP20-AL
		0,05	Průměr	2
		0,1	Průměr rádiusu	
	VT-1R-2-10		Vyložení	25
			Číslo	314
		Konstantní Z	Typ	Koule-D2-AP20-AL
		0,08	Průměr	2
	VT-1R-2-10	0,05	Průměr rádiusu	1
			Vyložení	24
			Číslo	444

	VT-1R-2-11	Rastr	Typ	Koule-D2-AP20-AL
			Průměr	2
		0,05	Průměr rádiusu	1
			Vyložení	24
	VT-1R-2-12	Strmé a plošné	Typ	Koule-D1.5-AP16-AL
			Průměr	1,5
		0,05	Průměr rádiusu	0,75
			Vyložení	20
	VT-1R-2-13	Konstantní Z	Typ	Koule-D1-AP15-AL
		0,01	Průměr	1
		0	Průměr rádiusu	0,5
		0,01	Vyložení	20
	VT-1R-2-14		Číslo	434
		Rastr	Typ	Koule-D1-AP15-AL
			Průměr	1
		0	Průměr rádiusu	0,5
	VT-1R-3-15 Kus ustav dle obrázku. Nula je uprostřed kusu a dole na ploše.		Vyložení	20
			Číslo	434
		Hrubování offsetem	Typ	Freza-D6-AL
		0,25	Průměr	6
	VT-1R-3-16	0,25	Průměr rádiusu	
			Vyložení	27
			Číslo	354
		Konstantní Z	Typ	Freza-D4-AL
	VT-1R-3-17	0,18	Průměr	4
		0,05	Průměr rádiusu	
			Vyložení	26
			Číslo	334
	VT-1R-3-18	Ploché rastr	Typ	Freza-D4-AL
			Průměr	4
		0,05	Průměr rádiusu	
			Vyložení	26
	VT-1R-3-19		Číslo	334
		Ploché rastr	Typ	Freza-D4-AL
			Průměr	4
		0	Průměr rádiusu	
	VT-1R-3-20		Vyložení	26
			Číslo	334
		Roh perem	Typ	Freza-D4-AL
			Průměr	4
	VT-1R-3-21	0	Průměr rádiusu	
			Vyložení	26
			Číslo	334
		Konstantní Z	Typ	Freza-D3-R0,3-AP30-AL
	VT-1R-3-21	0,03	Průměr	3
		0	Průměr rádiusu	0,3
			Vyložení	40
			Číslo	1152
	VT-1R-3-21	Ploché rastr	Typ	Freza-D3-R0,3-AP30-AL
			Průměr	3
		0	Průměr rádiusu	0,3
			Vyložení	40
			Číslo	1152

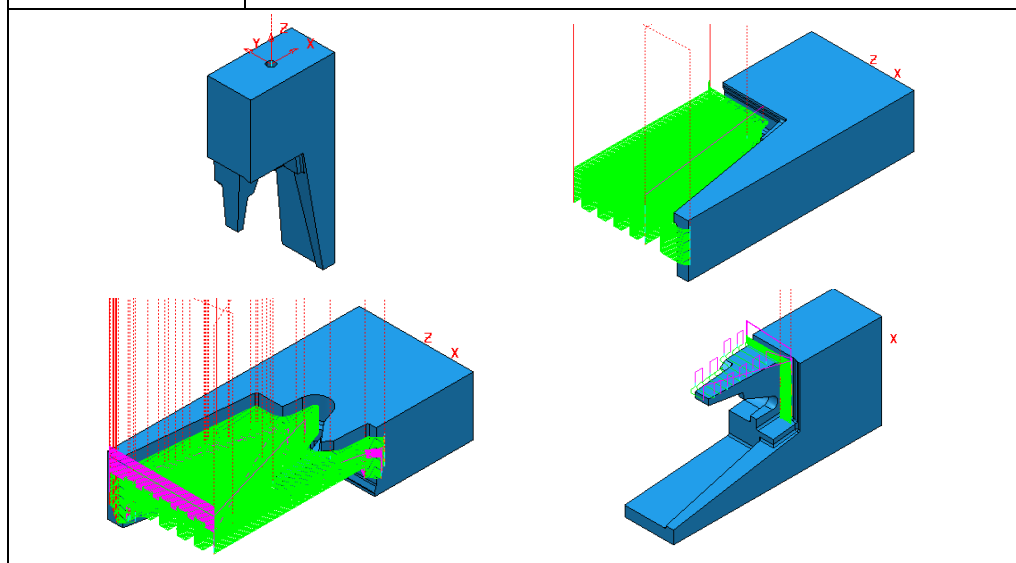
#### A4.3 Stručný CAM výpis – Vtoková strana Pozice 001 V2

<b>Project</b>	<b>Vtokova strana Vložka 2R</b>
<b>Programátor</b>	CAM
<b>Celkový čas projektu</b>	3:08:05
<b>Zákazník</b>	Aufeer design
<b>Číslo zakázky</b>	---
<b>Název dílu</b>	Vtoková strana - Vložka 2R
<b>CAD Model</b>	D:/!!!_KOVO_!!!/Zakázky/002-1109-0348_Aufer design/CAD/Vtokova strana/AFD001_POZ001_V2_R_____vlozka_vtokove_vlozky.stp

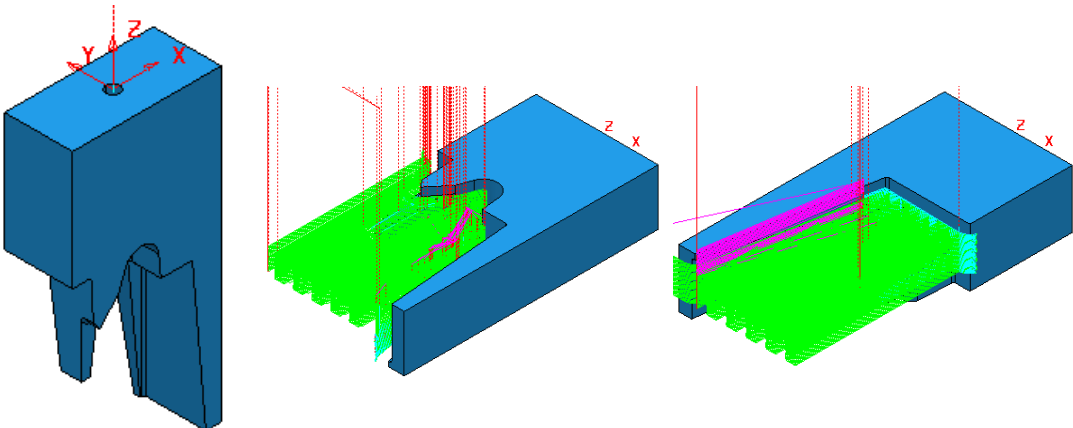


#### A4.4 Stručný CAM výpis – Vtoková strana Pozice 001 V3

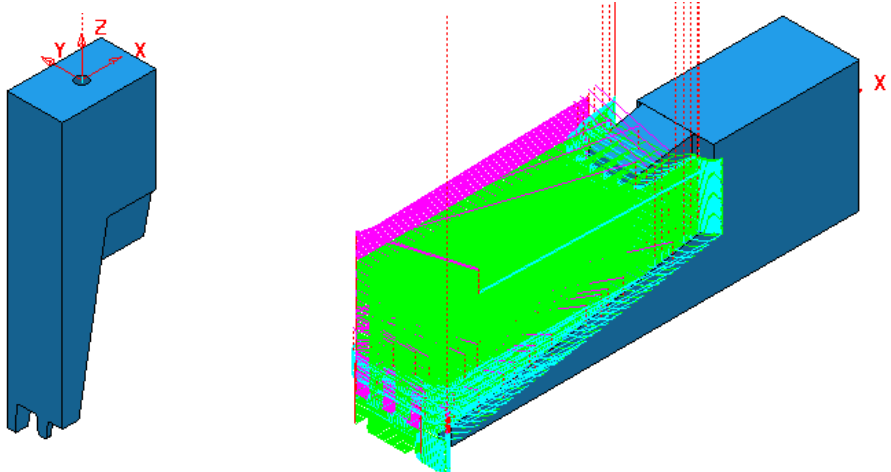
<b>Project</b>	<b>Vtokova strana Vložka 3R</b>
<b>Programátor</b>	CAM
<b>Celkový čas projektu</b>	5:57:16
<b>Zákazník</b>	Aufeer design
<b>Číslo zakázky</b>	---
<b>Název dílu</b>	Vtoková strana - Vložka 3R
<b>CAD Model</b>	D:/!!!_KOVO_!!!/Zakázky/002-1109-0348_Aufer design/CAD/Vtokova strana/AFD001_POZ001_V3_R_____vlozka_vtokove_vlozky.stp



#### A4.5 Stručný CAM výpis – Vtoková strana Pozice 001 V4

<b>Project</b>	<b>Vtokova strana Vložka 4R</b>
<b>Programátor</b>	CAM
<b>Celkový čas projektu</b>	4:07:39
<b>Zákazník</b>	Aufer design
<b>Číslo zakázky</b>	---
<b>Název dílu</b>	Vtoková strana - Vložka 4R
<b>CAD Model</b>	D:/!!!_KOVO_!!!/Zakázky/002-1109-0348_Aufer design/CAD/Vtokova strana/AFD001_POZ001_V4_R_____vložka_vtokove_vložky.stp
	

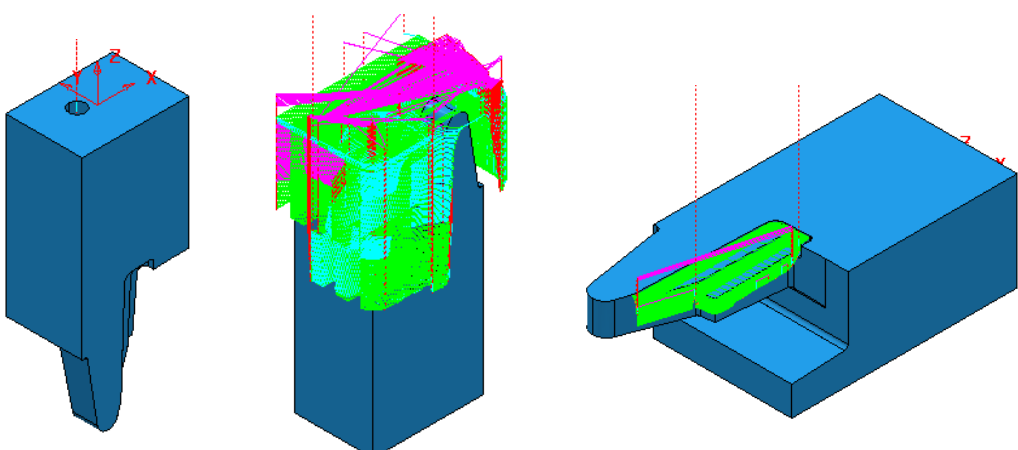
#### A4.6 Stručný CAM výpis – Vtoková strana Pozice 001 V5

<b>Project</b>	<b>Vtokova strana Vložka 5R</b>
<b>Programátor</b>	CAM
<b>Celkový čas projektu</b>	4:07:39
<b>Zákazník</b>	Aufer design
<b>Číslo zakázky</b>	---
<b>Název dílu</b>	Vtoková strana - Vložka 5R
<b>CAD Model</b>	D:/!!!_KOVO_!!!/Zakázky/002-1109-0348_Aufer design/CAD/Vtokova strana/AFD001_POZ001_V5_R_____vložka_vtokove_vložky.stp
	



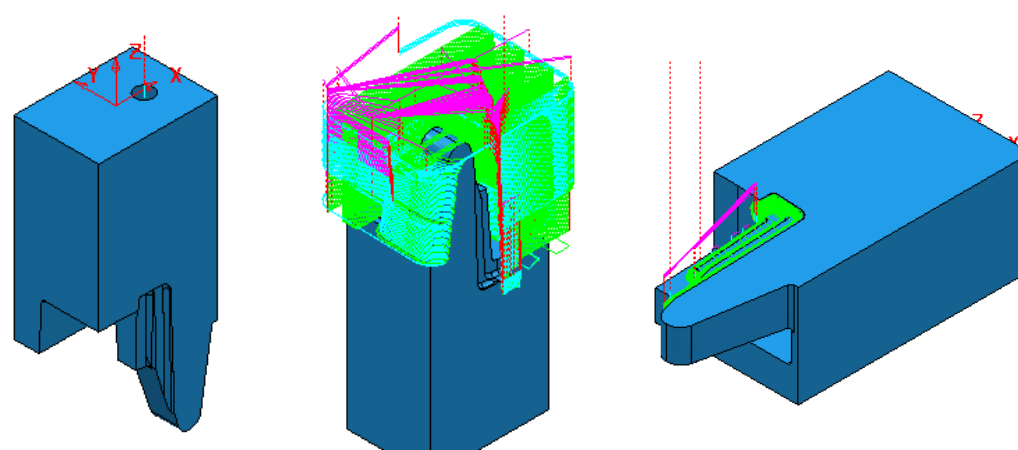
#### A4.7 Stručný CAM výpis – Vyřezovací strana Pozice 002 V1

<b>Project</b>	<b>Vyřezovací strana Vložka 1R</b>
<b>Programátor</b>	CAM
<b>Celkový čas projektu</b>	1:29:30
<b>Zákazník</b>	Aufer design
<b>Číslo zakázky</b>	---
<b>Název dílu</b>	Vyřezovací strana Vložka 1R
<b>CAD Model</b>	D:/!!!_KOVO_!!!/Zakázky/002-1109-0348_Aufer design/CAD/Vyřezovací strana/AFD001_POZ002_V1_R_____vložka_vyřezovací_vložky.stp

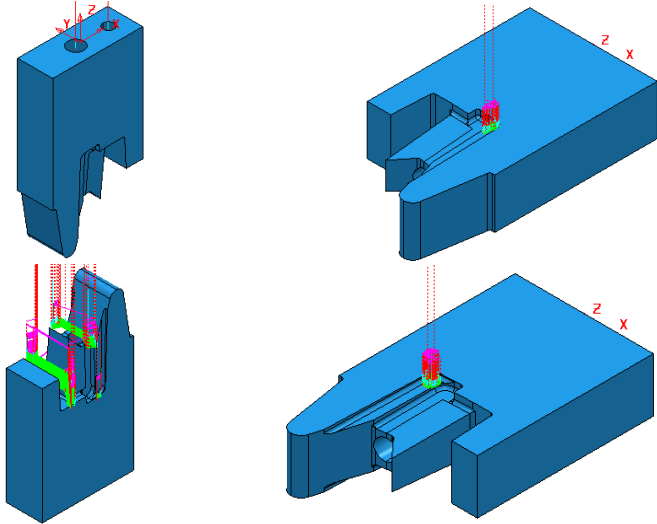


#### A4.8 Stručný CAM výpis – Vyřezovací strana Pozice 002 V2

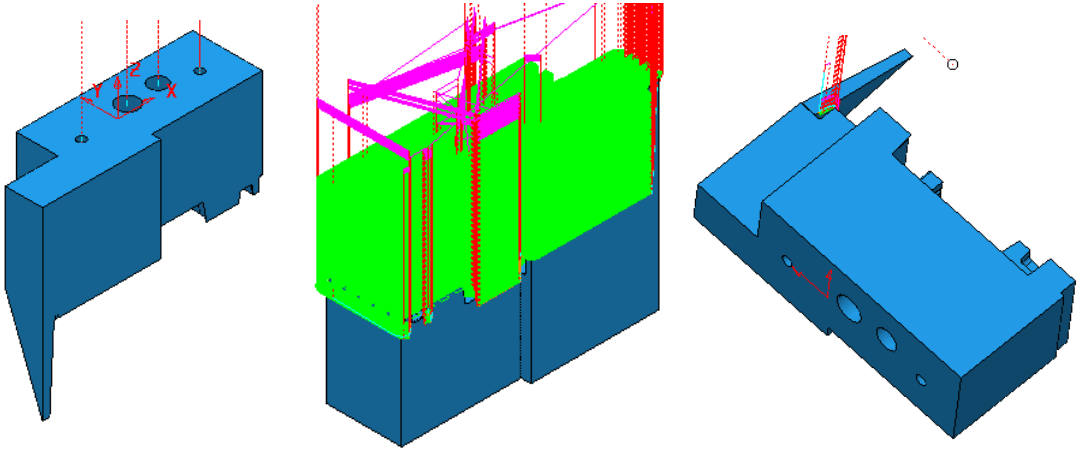
<b>Project</b>	<b>Vyřezovací strana Vložka 2R</b>
<b>Programátor</b>	CAM
<b>Celkový čas projektu</b>	1:17:50
<b>Zákazník</b>	Aufer design
<b>Číslo zakázky</b>	---
<b>Název dílu</b>	Vyřezovací strana Vložka 2R
<b>CAD Model</b>	D:/!!!_KOVO_!!!/Zakázky/002-1109-0348_Aufer design/CAD/Vyřezovací strana/AFD001_POZ002_V2_R_____vložka_vyřezovací_vložky.stp



#### A4.9 Stručný CAM výpis – Vyhazovací strana Pozice 002 V3

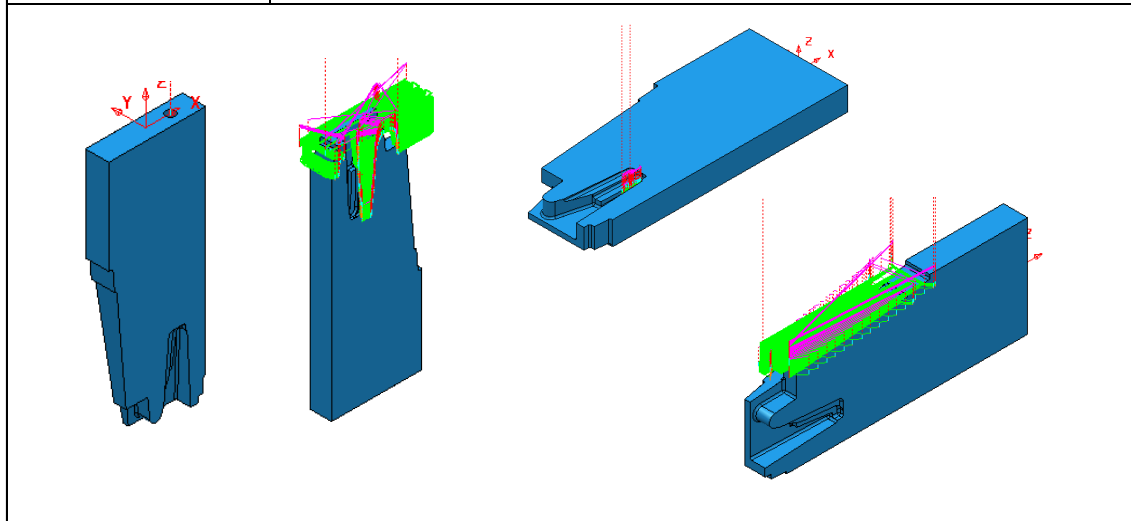
<b>Project</b>	<b>Vyhazovací strana Vložka 3R</b>
<b>Programátor</b>	CAM
<b>Celkový čas projektu</b>	2:03:18
<b>Zákazník</b>	Aufeer design
<b>Číslo zakázky</b>	---
<b>Název dílu</b>	Vyhazovací strana Vložka 3R
<b>CAD Model</b>	D:/!!!_KOVO_!!!/Zakázky/002-1109-0348_Aufer design/CAD/Vyhazovací strana/AFD001_POZ002_V3_R____vložka_vyhazovací_vložky.stp
	

#### A4.10 Stručný CAM výpis – Vyhazovací strana Pozice 002 V5

<b>Project</b>	<b>Vyhazovací strana Vložka 5R</b>
<b>Programátor</b>	CAM
<b>Celkový čas projektu</b>	4:15:59
<b>Zákazník</b>	Aufeer design
<b>Číslo zakázky</b>	---
<b>Název dílu</b>	Vyhazovací strana Vložka 5R
<b>CAD Model</b>	D:/!!!_KOVO_!!!/Zakázky/002-1109-0348_Aufer design/CAD/Vyhazovací strana/AFD001_POZ002_V5_L_REV02____vložka_vyhazovací_vložky.stp
	

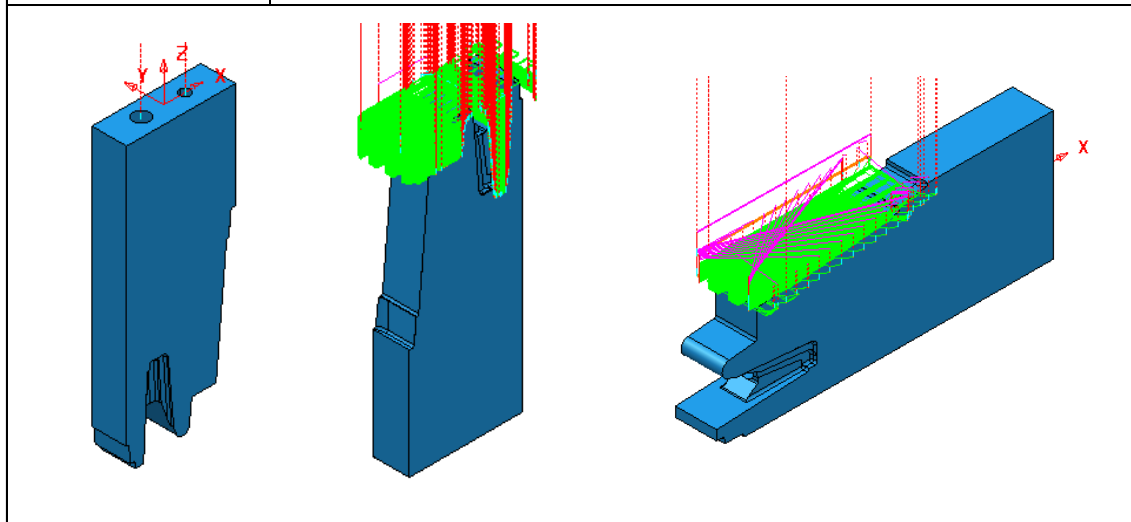
#### A4.11 Stručný CAM výpis – Vyhazovací strana Pozice 002 V6

<b>Project</b>	<b>Vyhazovací strana Vložka 6R</b>
<b>Programátor</b>	CAM
<b>Celkový čas projektu</b>	1:28:17
<b>Zákazník</b>	Aufer design
<b>Číslo zakázky</b>	---
<b>Název dílu</b>	Vyhazovací strana Vložka 6R
<b>CAD Model</b>	D:/!!!_KOVO_!!!/Zakázky/002-1109-0348_Aufer design/CAD/Vyhazovací strana/AFD001_POZ002_V6_R_____vložka_vyhazovací_vložky.stp



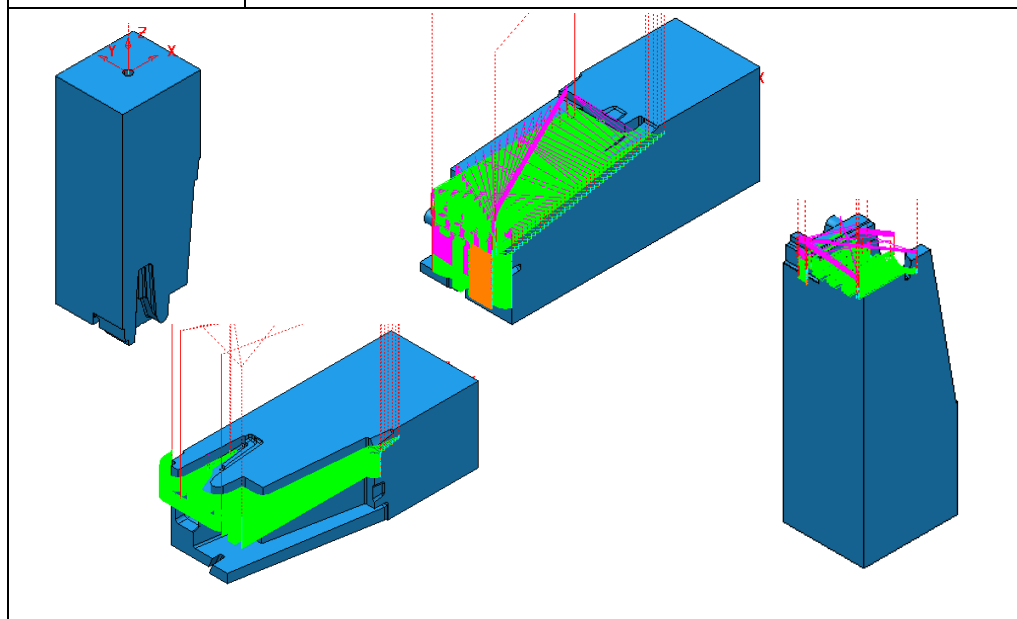
#### A4.12 Stručný CAM výpis – Vyhazovací strana Pozice 002 V7

<b>Project</b>	<b>Vyhazovací strana Vložka 7R</b>
<b>Programátor</b>	CAM
<b>Celkový čas projektu</b>	2:07:14
<b>Zákazník</b>	Aufer design
<b>Číslo zakázky</b>	---
<b>Název dílu</b>	Vyhazovací strana Vložka 7R
<b>CAD Model</b>	D:/!!!_KOVO_!!!/Zakázky/002-1109-0348_Aufer design/CAD/Vyhazovací strana/AFD001_POZ002_V7_R_____vložka_vyhazovací_vložky.stp



### A4.13      Stručný CAM výpis – Vyhazovací strana Pozice 002 V8

<b>Project</b>	<b>Vyhazovací strana Vložka 8R</b>
<b>Programátor</b>	CAM
<b>Celkový čas projektu</b>	9:24:44
<b>Zákazník</b>	Aufeer design
<b>Číslo zakázky</b>	---
<b>Název dílu</b>	Vyhazovací strana Vložka 8R
<b>CAD Model</b>	D:/!!!_KOVO_!!!/Zakázky/002-1109-0348_Aufer design/CAD/Vyhazovací strana/AFD001_POZ002_V8_R_____vlozka_vyhazovaci_vlozky.stp



## A5 Přílohy kapitoly 5


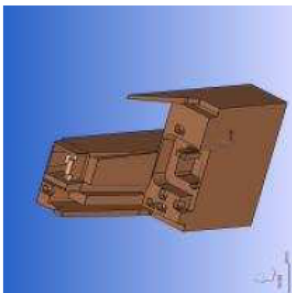






### A5.1 Stručný CAM výpis – Vtoková strana – obrábění 1

WorkNC Dokumentace - Moje_5ax				Celkový přehled - [Dráha nástroje_moje_5ax]				Datum: 08.05.2012 - 21:33:35										
																		
Projekt:				d:\afd001_poz001_cast_1_a_2a\				Projekt č.:				afd001_poz001_cast_1_a_2a						
Komentář:								Programátor:				Habermann						
								Jednotky:				mm						
Geometrie:				group0.wnc				Rovina zrcadlení: -				Offset přidavek: 0.00 Geometrie: 0.00						
				Xmin: -21.54 Ymin: -15.00 Zmin: -0.00								Měřitko: 1.00						
				Xmax: 21.54 Ymax: 15.00 Zmax: 93.25								Rozměr: Průměr:						
Polotovar model:				Plný blok				Přidavek:				0.00						
Č.	NC-soubor	Dráha nástroje typ					Přidavek	Tolerance		NC-čas	PP Xmax	PP Xmin	PP Ymax	PP Ymin	PP Zmin	Úhly A,B,C		
<u>1</u>	afd001_poz001_cast_1_a_2a01.NC	Globální hrub./dohrub.	1	16.00	1.00	31.20	0.20	0.01	weldon_D16_robotdrill.hld	00:01:00	29.74	-29.74	23.57	-23.11	63.25			
<u>2</u>	afd001_poz001_cast_1_a_2a02.NC	Globální hrub./dohrub.	1	6.00	1.00	30.00	0.20	0.01	TEPEL_PRO_D6_robotdrill.hld	00:01:02	9.55	-7.81	2.56	-13.73	64.50			
<u>3</u>	afd001_poz001_cast_1_a_2a03.NC	Globální hrub./dohrub.	1	3.00	0.20	30.60	0.20	0.01	tepel_pro_D3_robotdrill.hld	00:01:24	21.53	-18.96	11.48	-13.30	63.85			
<u>4</u>	afd001_poz001_cast_1_a_2a04.NC	Dok. rov. ploch	1	3.00	0.20	22.00	(W) 0.30 (E) 0.00	0.00	tepel_pro_D3_robotdrill.hld	00:01:35	23.58	-24.12	17.66	-15.83	72.64			
<u>5</u>	afd001_poz001_cast_1_a_2a05.NC	Kom. Z-kon. + opt.	1	6.00	1.00	30.30	0.00	0.00	TEPEL_PRO_D6_robotdrill.hld	00:13:32	24.45	-24.41	12.74	-20.14	63.98			
<u>6</u>	afd001_poz001_cast_1_a_2a06.NC	Zbyt. mat. Z-kon.	1	3.00	0.20	30.90	0.00	0.00	tepel_pro_D3_robotdrill.hld	00:13:49	23.68	-23.70	11.97	-17.75	63.45			
Délka a čas všech vypočítaných drah nástroje																		
Celková délka										Čas: Celkem				Délka obrábění			NC-čas	
103679.60										00:32:47				103170.30			00:32:25	






# A5.2 Stručný CAM výpis – Vtoková strana – obrábění 2

WorkNC Dokumentace - Moje_5ax				Celkový přehled - [Dráha nástroje_moje_5ax]				Datum: 08.05.2012 - 22:20:17															
																							
Projekt:				d:\afd001_poz001_cast_1_a_2b\				Projekt č.:				afd001_poz001_cast_1_a_2b											
Komentář:								Programátor:				Habermann											
Geometrie:				0.wnc				Jednotky:				mm											
				Xmin: -23.99 Ymin: -23.66 Zmin: -0.00				Offset přidavek:				0.00 Geometrie: 0.00											
				Xmax: 23.99 Ymax: 23.66 Zmax: 79.70				Měřitko:				1.00											
								Rozměr:				Průměr:											
Polotovary model:				CAD model: p.wnc				Přidavek:				0.00											
Č.	NC-soubor	Dráha nástroje typ					Přidavek	Tolerance		NC-čas	PP Xmax	PP Xmin	PP Ymax	PP Ymin	PP Zmin	Uhly A,B,C							
<u>1</u>	afd001_poz001_cast_1_a_2b01.NC	Globální hrub./dohrub.	1	16.00	1.00	52.80	0.20	0.01	weldon_D16_robotdrill.hld	00:04:06	32.57	-32.24	32.41	-32.28	27.68								
<u>2</u>	afd001_poz001_cast_1_a_2b02.NC	Globální hrub./dohrub.	1	6.00	1.00	52.00	0.20	0.01	TEPEL_PRO_D6_robotdrill.hld	00:01:52	24.88	-25.68	27.11	-15.90	28.20								
<u>3</u>	afd001_poz001_cast_1_a_2b03.NC	Globální hrub./dohrub.	1	3.00	0.20	38.80	0.20	0.01	tepel_pro_D3_robotdrill.hld	00:01:52	23.56	-25.23	25.36	-10.80	27.93								
<u>4</u>	afd001_poz001_cast_1_a_2b04.NC	Dok. rov. ploch	1	3.00	0.20	46.20	(W) 0.30 (E) 0.00	0.00	tepel_pro_D3_robotdrill.hld	00:02:36	26.57	-26.64	26.32	-26.32	28.00								
<u>5</u>	afd001_poz001_cast_1_a_2b05.NC	Kom. Z-kon. + opt.	1	6.00	1.00	52.20	0.00	0.00	TEPEL_PRO_D6_robotdrill.hld	00:22:07	26.81	-26.92	26.72	-23.27	28.00								
<u>6</u>	afd001_poz001_cast_1_a_2b06.NC	Zbyt. mat. Z-kon.	1	3.00	0.20	38.10	0.00	0.00	tepel_pro_D3_robotdrill.hld	00:18:04	26.01	-29.52	29.21	-15.48	27.63								
Délka a čas všech vypočítaných drah nástroje																							
Celková délka										Čas: Celkem				Délka obrábění			NC-čas						
186508.91										00:51:09				188610.72			00:50:40						

# A5.3 Stručný CAM výpis – Vyhazovací strana – obrábění 1

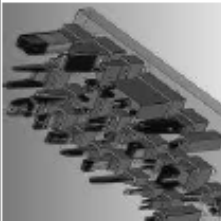


WorkNC Dokumentace - Moje_5ax				Celkový přehled - [Dráha nástroje_moje_5ax]				Datum: 08.05.2012 - 23:28:06													
																					
Projekt:				d:\afd001_poz002_cast_1_a_2a\				Projekt č.:				afd001_poz002_cast_1_a_2a									
Komentář:								Programátor:				Habermann									
								Jednotky:				mm									
Geometrie:				group0.wnc				Rovina zrcadlení: -				Offset přidavek: 0.00 Geometrie: 0.00									
				Xmin: -46.00 Ymin: -29.75 Zmin: -0.00								Měřítko: 1.00									
				Xmax: 46.00 Ymax: 29.75 Zmax: 96.00								Rozměr: Průměr:									
Polotovary model:				CAD model: p.wnc				Přidavek:				0.00									
Č.	NC-soubor	Dráha nástroje typ					Přidavek	Tolerance		NC-čas	PP Xmax	PP Xmin	PP Ymax	PP Ymin	PP Zmin	Úhly AB,C					
<u>1</u>	afd001_poz002_cast_1_a_2a01.NC	Globální hrub./dohrub.	1	16.00	1.00		55.00	0.20	0.01	weldon_D16_robodrill.hid	00:07:00	54.26	-54.25	37.97	-38.67	41.97					
<u>2</u>	afd001_poz002_cast_1_a_2a02.NC	Globální hrub./dohrub.	1	6.00	1.00		98.20	0.20	0.01	TEPEL_PRO_D6_robodrill.hid	00:03:15	46.61	-46.72	32.75	-31.42	-1.00					
<u>3</u>	afd001_poz002_cast_1_a_2a03.NC	Globální hrub./dohrub.	1	3.00	0.20		97.40	0.20	0.01	tepel_pro_D3_robodrill.hid	00:03:49	42.94	-45.68	31.47	-30.39	-0.18					
<u>4</u>	afd001_poz002_cast_1_a_2a04.NC	Dok. rov. ploch	1	3.00	0.20		48.00 (W) 0.30 (E) 0.00	0.00	0.00	tepel_pro_D3_robodrill.hid	00:05:10	48.65	-48.65	31.82	-32.40	31.37					
<u>5</u>	afd001_poz002_cast_1_a_2a05.NC	Kom. Z-kon.	1	6.00	1.00		52.30	0.00	0.00	TEPEL_PRO_D6_robodrill.hid	00:33:27	49.66	-50.15	35.85	-34.05	31.37					
<u>6</u>	afd001_poz002_cast_1_a_2a06.NC	Zbyt. mat. Z-kon.	1	3.00	0.20		48.40	0.00	0.00	tepel_pro_D3_robodrill.hid	00:37:40	48.04	-47.96	36.05	-36.23	31.37					
Délka a čas všech vypočítaných drah nástroje										Délka obrábění				NC-čas							
Celková délka										336781.91				01:30:24							

## A5.4 Stručný CAM výpis – Vyhazovací strana – obrábění 2

WorkNC Dokumentace - Moje_5ax										Celkový přehled - [Dráha nástroje_moje_5ax]										Datum: 08.05.2012 - 23:25:48									
																													
Projekt:										d:\afd001_poz002_cast_1_a_2b\										Projekt č.: afd001_poz002_cast_1_a_2b									
Komentář:																				Programátor: Habermann									
Geometrie:										0.wnc										Jednotky: mm									
										Xmin: -21.54 Ymin: -16.50 Zmin: -0.00										Offset přidavek: 0.00 Geometrie: 0.00									
										Xmax: 21.54 Ymax: 16.50 Zmax: 58.74										Měřítko: 1.00									
Polotovary model:										Plný blok										Rozměr: Průměr:									
																				Přidavek: 0.00									
Č.	NC-soubor	Dráha nástroje typ								Přidavek	Tolerance		NC-čas	PP Xmax	PP Xmin	PP Ymax	PP Ymin	PP Zmin	Úhly A,B,C										
<u>1</u>	afd001_poz002_cast_1_a_2b01.NC	Globální hrub./dohrub.	1	16.00	1.00	15.70	0.20	0.01	weldon_D16_robodrill.hid	0.20	0.01		00:01:40	29.43	-29.43	24.40	-24.40	44.24											
<u>2</u>	afd001_poz002_cast_1_a_2b02.NC	Globální hrub./dohrub.	1	6.00	1.00	21.00	0.20	0.01	TEPEL_PRO_D6_robordrill.hid	0.20	0.01		00:00:25	14.65	-12.83	2.80	-4.05	38.99											
<u>3</u>	afd001_poz002_cast_1_a_2b03.NC	Globální hrub./dohrub.	1	3.00	0.20	23.90	0.20	0.01	tepel_pro_D3_robordrill.hid	0.20	0.01		00:01:58	15.08	-13.30	13.96	-4.91	36.09											
<u>4</u>	afd001_poz002_cast_1_a_2b04.NC	Dok. rov. ploch	1	3.00	0.20	24.30	(W) 0.30 (E) 0.00	0.00	tepel_pro_D3_robordrill.hid	(W) 0.30 (E) 0.00	0.00		00:01:26	22.20	-22.20	17.31	-19.16	35.75											
<u>5</u>	afd001_poz002_cast_1_a_2b05.NC	Kom. Z-kon. + opt.	1	6.00	1.00	23.80	0.00	0.00	TEPEL_PRO_D6_robordrill.hid	0.00	0.00		00:09:33	19.71	-17.26	18.74	-4.59	35.97											
<u>6</u>	afd001_poz002_cast_1_a_2b06.NC	Zbyt. mat. Z-kon.	1	3.00	0.20	25.40	0.00	0.00	tepel_pro_D3_robordrill.hid	0.00	0.00		00:15:54	18.98	-15.56	21.86	-5.12	34.18											
Délka a čas všech vypočítaných drah nástroje																				Délka obrábění				NC-čas					
Celková délka																Čas: Celkem				98702.60		00:30:59							
98490.41																00:31:10													



# A5.5 Stručný CAM výpis – Obrábění – všechny elektrody současně

WorkNC®			Celkový přehled - [Dřívka nástroje_moje_Saz]		Datum: 13.05.2012 - 00:03:32									
														
d'esec_electrod_k_obrabeni														
Projekt:			Projekční č.: ses_electrod_											
Komentář:			Programátor: Hubermann											
Geometrie:			Jednotky: mm											
a0001_pos002_0001_1_20-61-04_wrs. a0001_pos002_0001_1_20-61-03_wrs. a0001_pos002_0001_1_20-61-02_wrs. a0001_pos002_0001_1_20-61-01_wrs. a0001_pos002_0001_1_20-61-11_wrs. a0001_pos002_0001_1_20-61-10_wrs. a0001_pos002_0001_1_20-61-09_wrs. a0001_pos002_0001_1_20-61-08_wrs. a0001_pos002_0001_1_20-61-07_wrs. a0001_pos002_0001_1_20-61-06_wrs. a0001_pos002_0001_1_20-61-05_wrs.			Offset příslavky:  -0.15 Geometrie: 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00											
Xmin: -19.00 Ymin: -20.00 Zmin: -0.00			Měřítko: 1.00											
Xmax: 360.00 Ymax: 148.00 Zmax: 94.04			Rozeznání: Příslavky: 0.00											
CAD model: obrab_electrod_pos002_wrs			Příslavky:											
Č.	NC-kód	Dřívka nástroje typ	Dráha nástroje	Přídavky	Tolerance		NC-kód	PP Xmin	PP Xmax	PP Ymin	PP Ymax	PP Zmin	PP Zmax	Uny A.B.C
1	ses_electrod_01 NC	Globální hrub.dobruba	1 16.00	75.10	0.01	weldon_D16_robotdrill.hnd	00:58:27	-28.96	367.58	-29.95	158.00	-20.00	20.00	
2	ses_electrod_02 NC	Globální hrub.dobruba	1 6.00	48.00	0.01	TEPEL_PRO_D6_robotdrill.hnd	00:03:24	-17.77	362.30	-14.87	139.29	-30.30	30.30	
3	ses_electrod_03 NC	Globální hrub.dobruba	1 3.00	46.50	0.01	TEPEL_PRO_D6_robotdrill.hnd	00:07:17	-16.24	351.44	-13.52	145.24	-30.05	30.05	
4	ses_electrod_04 NC	Globální hrub.dobruba	1 2.00	50.20	0.01	tepel_pro_D4_robotdrill.hnd	00:03:49	48.01	353.23	-11.80	145.01	-26.52	26.52	
5	ses_electrod_05 NC	Dok. rov. ploch	1 4.00	57.10	0.01	TEPEL_PRO_D6_robotdrill.hnd	00:09:52	-17.17	358.61	-16.13	148.05	-29.76	29.76	
6	ses_electrod_06 NC	Kom. Z-kon. v. opt.	1 4.00	64.90	0.00	TEPEL_PRO_D6_robotdrill.hnd	01:57:48	-16.85	359.73	-17.85	149.85	-30.00	30.00	
7	ses_electrod_07 NC	Tangentně ke křivce (V20)	1 6.00	74.90	0.01	TEPEL_PRO_D6_robotdrill.hnd	00:16:21	-17.85	358.85	-22.85	149.85	-19.92	19.92	
8	ses_electrod_08 NC	Zbyt. mat. Z-kon.	1 2.00	53.30	0.00	tepel_pro_D4_robotdrill.hnd	00:12:18	-19.74	360.18	-13.16	149.85	-30.00	30.00	
9	ses_electrod_09 NC	Zbyt. mat. Z-kon.	1 1.00	41.40	0.00	tepel_pro_D3_robotdrill.hnd	00:09:52	-10.02	348.69	-7.38	130.91	-31.93	31.93	
Délka a čas všech vypočítaných dráh nástroje														
Celková délka: 20858.45 88							Čas: Celkem 04:01:16		Délka obrábění 2087947.50			NC-čas 03:59:12		